

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

“Instrumentación De Flujo”

## Tesis

Que para obtener el título profesional de  
Ingeniero Electricista

Presenta

Roderick Olivo Toledo

Asesor de tesis

Doctor en ingeniería electricista Gilberto González Avalos

Morelia, Michoacán Junio 2018

# **AGRADECIMIENTOS**

## A mi familia

Este trabajo se lo quiero dedicar a mis padres Teresa y Humberto por no haberse rendido conmigo, por haberme apoyado tanto económicamente como mentalmente, y les doy gracias por haber dejado que yo tomara mis propias decisiones, a mis hermanas Estefanía, Melina y Jenifer, gracias por su apoyo, por estar ahí cuando las necesitaba, a mis abuelitos Blas y Concepción les agradezco mucho por toda la ayuda nos dieron a mí y toda mi familia, por sus consejos, lecciones. Familia gracias muchas gracias no me va alcanzar una vida para agradecerles todo lo que hicieron por mí.

## Mi asesor y amigo

Este trabajo con el que finalizo mis estudios no lo pude haber logrado primeramente por todo el tiempo que mi asesor Dr. Gilberto dedicó a las revisiones de mi tesis, el préstamo del equipo el cual utilice para la realización del trabajo y a mi amigo Raúl quien me ayudó a la realización de algunas pruebas de este trabajo.

## Profesores de la facultad de ingeniería

Tengo que agradecerles a todos los profesores y maestras que conocí en esta etapa de mi vida, porque no solamente se adquieren conocimientos de ellos si no también, formas de ver vida, aptitudes, valores, consejos, y demás, cosas que de alguna forma u otra cambiaron mi pensamiento y por eso les estoy muy agradecido.

# ***DEDICATORIA***

Este trabajo se lo dedico a toda mi familia, a mis amigos, y todas aquellas personas que conocí durante esta etapa de mi vida

# ***RESUMEN***

En el presente trabajo se describen los diferentes tipos de instrumentación empleados en las principales industrias de la república mexicana, sector automotriz, petroquímico, construcción, textil, bebidas, alimentos, minería y turismo por nombrar algunas, como sabemos existen muchas medidas físicas las cuales se deben monitorear en los procesos industriales como son: temperatura, presión, distancias, etc. y para controlar dichas medidas en la actualidad utilizamos aparatos llamados sensores, los cuales al detectar alguna señal física, éstos la convierten en señal eléctrica y que por medio de electrónica se puede crear una instrumentación para que el operador pueda manipular el control del proceso, por lo cual se describen los diferentes tipos de sensores que existen para cada una de las variables físicas nombradas anteriormente así como su principio de funcionamiento y construcción, en este caso monitoreamos diferentes sistemas hidráulicos, para lo cual utilizaremos una interfaz LABQUEST II y sensor de flujo, por lo que conoceremos las especificaciones del equipo, como funciona y los datos que nos puede proporcionar de un sistema hidráulico en específico, y para finalizar se mencionarán algunas recomendaciones y sugerencias de posibles casos de estudios.

## ***PALABRAS CLAVES***

Sensores, Caudal, LabQuest, Sistema Hidráulico, Vernier.

# ***ABSTRACT***

This paper will discuss the different types of instrumentation used in the main industrial workers of the Mexican republic automotive, petrochemical, construction, textile, drinks, food, mining and tourism to name a few, as we know there are many physical measures which should be monitored in industrial processes such as temperature, pressure, distances, etc. and for the control of such measures currently use devices called sensors which detect any physical sign, these make it into an electrical signal and that by means of electronic instrumentation can be created so that the operator can manipulate the control of the process, which will talk about the different types of sensors that exist for each of the physical variables Name above, as well as its principle of operation and construction, in this case we monitor different hydraulic systems, for which we will use a LABQUEST II interface and flow sensor, so that we will know the specifications of the equipment, how it works, and the data that can provide us with a hydraulic system in specific, and finally mention some recommendations and suggestions for possible case studies.

## ***KEY WORDS***

Sensors, Flow, LabQuest, Hydraulic System, Vernier.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>iv</b>
<b>PALABRAS CLAVES .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KEY WORDS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>GLOSARIO .....</b>	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 INSTRUMENTACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS .....	1
1.2 OBJETIVO .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4 METODOLOGÍA .....	2
1.5 ESTRUCTURA DE LA TESIS .....	3
<b>CAPÍTULO 2 ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN .....</b>	<b>5</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	5
2.2 FLUJO .....	7
2.2.1 Presión Diferencial .....	7

2.2.2 Área Variable.....	12
2.2.3 Velocidad.....	14
2.3 TEMPERATURA.....	15
2.3.1 RTD (Detector De Temperatura Resistivo).....	15
2.3.2 Termopar.....	15
2.4 PRESIÓN .....	16
2.4.1 Elementos Mecánicos .....	16
2.4.2 Elementos Electromecánicos .....	19
<b>CAPÍTULO 3 LABQUEST Y SENSOR DE FLUJO .....</b>	<b>23</b>
3.1 LABQUEST .....	23
3.2 LABQUEST I .....	24
3.3 LABQUEST II .....	27
3.4 SENSORES DE LABQUEST.....	31
3.4.1 Sensor De Corriente Eléctrica .....	32
3.4.2 Sensor De Campo Magnético .....	33
3.4.3 Detector De Movimiento .....	33
3.4.4 Sensor De Temperatura .....	34
3.4.5 Sensor De Caudal .....	35
<b>CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>40</b>
4.1 CASO DE ESTUDIO RÍO “CHICO” .....	40
4.1.1 Primer Caso De Estudio Río “Chico” .....	41
4.1.2 Segundo Caso De Estudio Río “Chico” .....	44
4.1.3 Tercer Caso De Estudio Río “Chico” .....	47

4.2 CASO DE ESTUDIO CANAL DEL PARQUE ZOOLOGICO “BENITO JUÁREZ” .....	50
4.2.1 Primer Caso De Estudio Canal Parque Zoológico “Benito Juárez”	51
4.2.2 Segundo Caso De Estudio Canal Parque Zoológico “Benito Juárez” .....	54
4.2.3 Tercer Caso De Estudio Canal Parque Zoológico “Benito Juárez”	58
4.2.4 Cuarto Caso De Estudio Parque Zoológico “Benito Juárez” .....	61
4.2.5 Experimento Canal Parque Zoológico “Benito Juárez” .....	65
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
5.1 CONCLUSIONES RÍO “CHICO” .....	68
5.2 CONCLUSIONES CANAL DEL ZOOLOGICO “BENITO JUÁREZ” .....	69
5.3 CONCLUSIÓN EXPERIMENTO CANAL DEL ZOOLOGICO “BENITO JUÁREZ” .....	71
5.4 RECOMENDACIONES.....	71
5.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SENSOR DE CAUDAL .....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73

# ***LISTA DE FIGURAS***

Figura 2.1 Tipos De Placas De Orificio .....	8
Figura 2.2 Venturi .....	9
Figura 2.3 Tubo Annubar .....	11
Figura 2.4 El Transmisor De Presión Diferencial De Fuelle .....	11
Figura 2.5 El Transmisor De Presión Diferencial De Diafragma .....	12
Figura 2.6 Rotámetro .....	13
Figura 2.7 Tubo De Bourdon .....	17
Figura 2.8 Diafragma .....	18
Figura 2.9 El Fuelle.....	18
Figura 2.10 Elemento Resistivo .....	20
Figura 2.11 Elemento De Inductancia.....	20
Figura 2.12 Elemento De Reluctancia .....	21
Figura 2.13 Elemento De Capacitancia .....	22
Figura 2.14 Galgas Extensiométricas .....	22
Figura 3.1 Funcionamiento LABQUEST .....	24
Figura 3.2 Interfaces Vernier .....	24
Figura 3.3 Características LABQUEST I.....	27
Figura 3.4 Características 1 LABQUEST II.....	29
Figura 3.5 Características 2 LABQUEST II.....	29
Figura 3.6 Características 3 LABQUEST II.....	30
Figura 3.7 Recolección De Datos Tipo Gráfica.....	30
Figura 3.8 Recolección De Datos Tipo Métrico.....	31
Figura 3.9 Recolección De Datos Tipo Tabla .....	31
Figura 3.10 Sensor De Corriente Eléctrica .....	32
Figura 3.11 Sensor De Campo Magnético.....	33
Figura 3.12 Detector De Movimiento .....	34

Figura 3.13 Sensor De Temperatura .....	35
Figura 3.14 Sensor De Flujo .....	36
Figura 3.15 Funcionamiento Del Sensor De Caudal.....	37
Figura 3.16 Aplicación 1 Cálculo De Agua En Un Arroyo .....	37
Figura 3.17 Aplicación 2 Diferentes Tipos De Corriente De Flujo .....	38
Figura 3.18 Aplicación 3 Transporte De Sedimentos.....	39
Figura 4.1 Tramo Río “Chico” .....	40
Figura 4.2 Posición 1 Para La Prueba 1 Río “Chico” .....	41
Figura 4.3 Posición 1 Toma Cercana Prueba 1 Río “Chico” .....	41
Figura 4.4 Gráfica De Comportamiento Prueba 1 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Río “Chico” .....	42
Figura 4.5 Posición 2 Para La Prueba 2 Río “Chico” .....	44
Figura 4.6 Posición 2 Toma Cercana Prueba 2 Río “Chico” .....	44
Figura 4.7 Gráfica De Comportamiento Prueba 2 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Río Chico .....	45
Figura 4.8 Posición 3 Para La Prueba 3 Río “Chico” .....	47
Figura 4.9 Posición 3 Toma Cercana Prueba 3 Río “Chico” .....	47
Figura 4.10 Gráfica De Comportamiento Prueba 3 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Río “Chico” .....	48
Figura 4.11 Posición Para La Prueba 1 Canal Parque Zoológico .....	51
Figura 4.12 Características Del Caudal Principal Canal Parque Zoológico .	51
Figura 4.13 Gráfica De Comportamiento Prueba 1 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Canal Parque Zoológico.....	52
Figura 4.14 Localización De La Prueba 1 Y 2 Canal Parque Zoológico .....	54
Figura 4.15 Posición 2 Toma Cercana Prueba 2 Canal Parque Zoológico ...	55
Figura 4.16 Gráfica De Comportamiento Prueba 2 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Canal Parque Zoológico.....	56
Figura 4.17 Localización Prueba 3 Canal Parque Zoológico .....	58
Figura 4.18 Gráfica De Comportamiento Prueba 3 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Canal Parque Zoológico.....	59

Figura 4.19 Localización De La Prueba 4 Canal Zoológico .....	61
Figura 4.20 Vista Previa Localización De La Prueba 4 Canal Zoológico .....	62
Figura 4.21 Gráfica De Comportamiento Prueba 4 Caudal Vs Tiempo Canal Parque Zoológico.....	62
Figura 4.22 Localización De Realización Del Experimento Canal Parque Zoológico .....	65
Figura 4.23 Gráfica De Comportamiento Experimento Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Canal Parque Zoológico. ....	66

## ***LISTA DE TABLAS***

Tabla 4.1 Valores De La Prueba 1 Río “Chico” .....	43
Tabla 4.2 Valores De La Prueba 2 Río “Chico” .....	46
Tabla 4.3 Valores De La Prueba 3 Río “Chico” .....	49
Tabla 4.4 Valores De La Prueba 1 Canal Parque Zoológico .....	53
Tabla 4.5 Valores De La Prueba 2 Canal Parque Zoológico .....	57
Tabla 4.6 Valores De La Prueba 3 Canal Parque Zoológico .....	60
Tabla 4.7 Valores De La Prueba 4 Canal Parque Zoológico .....	64
Tabla 4.8 Valores Del Experimento Canal Parque Zoológico .....	67

# **GLOSARIO**

**A** - Ampere.

**Acumulador hidráulico** - Es un depósito con capacidad para almacenar una cierta cantidad de fluido con presión, para auxiliar a un circuito hidráulico en caso de ser necesario.

**Bridas** - Es el elemento que une 2 componentes de un sistema mecánico.

**Caudal** - Volumen de un fluido que circula a través de un determinado lugar.

**cm** - Centímetros.

**Convertidor CA/CD** - Dispositivo electrónico que convierte corriente alterna en corriente directa.

**Corriente eléctrica** - Flujo de cargas eléctricas que recorre un conductor.

**Cristales piezoeléctricos** - Estos cristales son capaces de convertir una tensión mecánica en electricidad y la electricidad en vibraciones eléctricas.

**Diafragma** - Es una fina lámina de metal generalmente circular soportada por sus bordes y que se deforma por la aplicación de presión.

**Ecuación Steinhart - Hart** - Modela la resistencia de un semiconductor a diferentes temperaturas.

**Espectrofotómetro** - Es un instrumento utilizado en la física óptica, el cual sirve para medir la longitud de onda, así como la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica.

**Estator** - Circulo dentro del cual se interna el rotor de los motores eléctricos.

**Exactitud** - Se refiere a que tan cerca están las mediciones del valor real.

**Flujo** - Cantidad de energía que atraviesa una superficie en una unidad de tiempo.

**Fotodiodo** - Es un diodo semiconductor el cual cuando se somete bajo rayos luminosos, este provoca cierta circulación de corriente.

**Fuelle** - Dispositivo para almacenar y expulsar aire en una dirección determinada.

**Instrumentación** - Es un conjunto de elementos que sirven para medir, convertir, transmitir, controlar y registrar variables de un proceso.

**Interfaz** - Dispositivo capaz de transformar las señales generadas por un aparato en señales comprensibles por otro.

**K $\Omega$**  - Mil ohms.

**Líneas transfer** - Son líneas de transferencia donde los materiales fluyen de una estación a otra.

**m** - Metros.

**mA** - Mili amperes.

**Magnitud** - Propiedad de los cuerpos que puede ser medida.

**mm** - milímetros.

**Ohm** - Unidad para la resistencia eléctrica.

**Presión** - Fuerza aplicada en un área determinada.

**Principio de Bernoulli** - Describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una línea de corriente.

**Proceso industrial** - Conjunto de operaciones unitarias para modificar las características de la materia prima.

**Puente de Wheatstone** - Es un circuito eléctrico que se utiliza para medir resistencias desconocidas mediante el equilibrio de los brazos del puente.

**Rodete** - Objeto de forma circular.

**Rotor** - Es el componente que gira en una máquina eléctrica, Junto con su contraparte fija, el estator, forma el conjunto fundamental para la transmisión de potencia en motores y máquinas eléctricas en general.

**Sedimentos** - Materiales sólidos que se pueden acumular sobre la superficie terrestre.

**Sensor** - Es un dispositivo el cual recibe estímulos (variable física) y este los envía a un observador o instrumento de medición de control para convertirlo en una variable eléctrica.

**Señal continua** - Señal que toma valores de un conjunto finito e infinito de valores.

**Señal discreta** - Señal que toma valores de un conjunto finito de valores.

**Sistema Hidráulico** - Es un conjunto de elementos conectados entre sí, los cuales son utilizados para transportar diferentes fluidos.

**Sonda** - Instrumento compuesto por una cuerda en uno de sus extremos, el cual sirve para medir la profundidad de las aguas.

**Termistor NTC** - Sensor de temperatura por resistencia.

**Termocuplas** - Es un sensor de temperatura el cual es formado por 2 alambres de distinto material.

**Transductor de efecto hall** - Sensor con el cual se es posible la medición de campos magnéticos o corrientes eléctricas.

**Turbina** - Máquina que consiste en una rueda en el interior de un tambor provista de paletas curvas sobre las cuales actúa la presión de algún fluido haciendo que esta gire.

**Variable física** - Es la magnitud que puede influir en el estado de un sistema físico, por ejemplo: peso, velocidad, fuerza.

**Voltaje** - Es una magnitud física que cuantifica el potencial eléctrico entre 2 puntos.

# ***CAPÍTULO 1***

## ***INTRODUCCIÓN***

### **1.1 INSTRUMENTACIÓN DE SISTEMAS HIDRÁULICOS**

En la actualidad los procesos industriales exigen un control en la fabricación de los diversos productos. En todos estos procesos, es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, la velocidad, la humedad, etc. México tiene sus principales industrias en el sector automotriz, petroquímico, construcción, textil, bebidas, alimentos, minería y turismo en los cuales, la instrumentación es ampliamente utilizada.

La importancia de la instrumentación es que se puede formar estructuras complejas para medir, controlar y monitorear todos los elementos de un sistema industrial con profundidad y gran exactitud, además de automatizar tales procesos y, a la vez, garantizar la repetitividad de las medidas y resultados.

Un sistema hidráulico es un conjunto interconectado de componentes separados que transporta líquido. Este sistema se usa para controlar el flujo del fluido. Sus componentes que lo conforma pueden ser una bomba, un tanque, un acumulador hidráulico y la red de tuberías.

Sus principales aplicaciones en dispositivos móviles son: maquinaria de construcción, excavadoras, plataformas elevadoras, aparatos de elevación y transporte, maquinaria para agricultura y simuladores de vuelo. Sus aplicaciones en dispositivos fijos abarcan la fabricación y montaje de

máquinas de todo tipo, líneas transfer, aparatos de elevación y transporte, prensas, máquinas de inyección y moldeo, máquinas de laminación, ascensores y montacargas.

## **1.2 OBJETIVO**

Investigación de un sistema hidráulico en diferentes condiciones para llevar a cabo la medición de flujo hidráulico, basado en la tarjeta de adquisición de datos LABQUEST II.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

- La importancia de la medición de caudales en procesos industriales.
- La poca investigación en el área de instrumentación de flujo.
- Posibles mejoras en medición de algún tipo de caudal.
- Conocimiento del funcionamiento de los diferentes tipos de instrumentación industrial.

## **1.4 METODOLOGÍA**

El presente trabajo abarcará varias etapas de investigación, y por eso primeramente se resaltarán la importancia de los sensores en nuestra vida cotidiana, trabajo, alimentación, ropa, transportes, etc., y así conocer cuáles son las variables físicas más importantes y los diferentes sensores que existen para controlarlas, una vez familiarizados con los sensores, con esto se pondrá en marcha un proyecto con un sensor de caudal y la tarjeta de adquisición de datos LABQUEST II, este se realiza en diferentes lugares donde exista un flujo de agua, río, arroyo o canal, para con esto llegar a unas conclusiones, recomendaciones y posibles aplicaciones que se pudieran descubrir.

## **1.5 ESTRUCTURA DE LA TESIS**

**Capítulo 1:** Se describe sobre la importancia de la instrumentación del flujo, así como también él porque es importante la experimentación de los diferentes sensores para las magnitudes físicas, el cuál para este caso es el flujo hidráulico y se plantea cuál es el resultado que se quiere llegar con esta tesis.

**Capítulo 2:** En este capítulo se realiza una introducción sobre los diferentes sensores existentes para algunas de las magnitudes físicas más importantes, junto con una pequeña explicación del principio de su funcionamiento.

**Capítulo 3:** Para este capítulo se describirán las interfaces Vernier, se conoce el hardware LABQUEST I y LABQUEST II, así como los programas y actualizaciones que se le pueden instalar a dichas interfaces, por otra parte, se dan algunos de los diferentes sensores con los que cuenta Vernier, pero en particular se habla y conoce el sensor de flujo el cual es el que se utiliza para la realización de este trabajo.

**Capítulo 4:** Con este capítulo se inicia la puesta en marcha del LABQUEST II junto con el sensor de caudal analizaremos 2 tipos de sistemas hidráulicos, el primero será un río aproximadamente un tramo de aproximadamente 30 metros , para analizar las diferentes velocidades de caudal que pudiera tener y su tipo de transporte de sedimentos, para el segundo caso se estudiará un canal, el cual se encuentra localizado en el parque zoológico “Benito Juárez”, en este estudiaremos las características en la construcción del canal así como el transporte de sus sedimentos

**Capítulo 5:** En este capítulo se escriben las diferentes conclusiones obtenidas de los experimentos realizados y el funcionamiento en el campo del equipo LABQUEST II y sensor de caudal, junto con todas las anotaciones, consejos y posibles aplicaciones que se hayan descubierto.

# ***CAPÍTULO 2***

## ***ANTECEDENTES DE SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN***

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En los inicios de la era industrial, la operación de los procesos se llevaba a cabo con un control manual de las variables tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, la velocidad, la humedad, etc. Utilizando sólo instrumentos simples, manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc.

Sin embargo, la gradual complejidad con que éstos se han ido desarrollando ha exigido su automatización progresiva por medio de los instrumentos de medición y control llamados sensores los cuales son dispositivos eléctricos y/o mecánicos que convierten magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, temperatura, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Esto se realiza en tres fases:

1. Un fenómeno físico ha ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
2. La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
3. El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un convertidor CA/CD, conectado a un PC. El convertidor CA/CD transforma la señal de tensión continua en una señal discreta.

Los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida. Los dos tipos son: Transductores analógicos y Transductores digitales.

- Los transductores analógicos proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo: voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide.
- Los transductores digitales producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida. Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos

Características deseables de los transductores:

- I. Exactitud: la desviación de la lectura de un sistema de medida respecto a una entrada conocida.
- II. Precisión: significa que existe o no una pequeña variación aleatoria en la medición de la variable. La dispersión en los valores de una serie de mediciones deberá de ser mínima.
- III. Rango de funcionamiento: El sensor debe tener un amplio rango de funcionamiento y debe ser exacto y preciso en todo el rango.
- IV. Velocidad de respuesta: El transductor debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo mínimo. Lo ideal sería una respuesta instantánea.
- V. Calibración: El sensor debe ser fácil de calibrar, el tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos, además el sensor no debe necesitar una recalibración frecuente.

Clasificación de los sensores según la energía:

- a) Activos - Emiten energía a partir de la transformación realizada. Dentro de este tipo de sensores podemos citar los termopares (sensores de temperatura eléctricos), cristales piezoeléctricos, fotovoltaicos, termoeléctricos, electroquímicos, magnetoeléctricos.
- b) Pasivos - Reciben energía para realizar la transformación. Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar. Ejemplo: sensores de parámetros variables (resistencia, inductancia y capacitancia), los termistores, micrófonos de condensador, los fotodiodos.

## **2.2 FLUJO**

La medición del caudal es una medida importante del proceso para el funcionamiento de los sistemas de fluidos en una instalación. Para un funcionamiento eficiente y económico de estos fluidos, es necesaria la medición del caudal.

### **2.2.1 Presión Diferencial**

Los medidores de flujo de tipo cabeza funcionan según el principio de colocar una restricción en la línea para causar una cabeza de presión diferencial. La presión diferencial, que es causada por la cabeza, se mide y se convierte en una medida de flujo. Las aplicaciones industriales de los medidores de caudal incorporan un sistema de transmisión neumático o eléctrico para la lectura remota del caudal. Generalmente, el instrumento indicador extrae la raíz cuadrada de la presión diferencial y muestra el flujo en un indicador lineal.

La restricción del recorrido de flujo, tal como un orificio, provoca una presión diferencial a través del orificio. Esta diferencia de presión se mide mediante un manómetro de mercurio o un detector de presión diferencial. A partir de

esta medición, el caudal se determina con ayuda de las leyes físicas conocidas.

### **2.2.1.1 Placa de Orificio**

La placa de orificio es el más simple de las restricciones del recorrido del flujo utilizadas en detección del flujo, así como la más económica. Las placas de orificio son placas planas de 1/16 a 1/4 de pulgada de espesor. Normalmente se monta entre un par de bridas y se instalan en un espacio recto del tubo liso para evitar la alteración de los patrones de flujo de conexiones y válvulas.

Existen tres tipos de placas de orificio: concéntricos, excéntrico y segmental, tal como se muestran en la figura 2.1.



Figura 2.1 Tipos De Placas De Orificio

### **2.2.1.2 Venturi**

El Venturi, es uno de los más exactos de los diferentes tipos de sensores de flujo cuando está correctamente calibrado. El Venturi tiene una entrada cónica convergente, una garganta cilíndrica y un cono de recuperación divergentes. No tiene proyecciones en el líquido, sin esquinas afiladas, y sin cambios bruscos en el contorno.

La sección de entrada reduce el área de la corriente de líquido, provocando que la velocidad aumente y disminuya la presión. La baja presión se mide en el centro de la garganta cilíndrica, ya que la presión será en su valor más bajo, y ni la presión ni la velocidad está cambiando. El cono de recuperación permite la recuperación de la presión tal que la pérdida de presión total es sólo del 10% al 25%. La alta presión es medida aguas arriba del cono de entrada. Las principales desventajas de este tipo de detección de flujo son los altos costos iniciales de instalación y dificultad en la instalación e inspección. En la figura 2.2 se muestra el tubo Venturi y la ubicación de las tomas de presión.

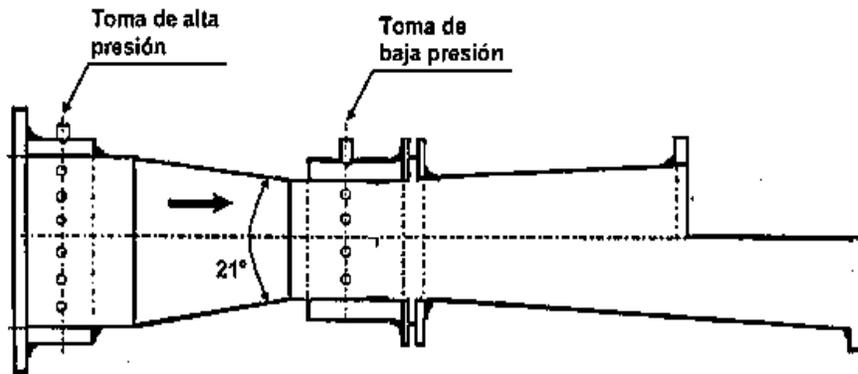


Figura 2.2 Venturi

### 2.2.1.3 Tubo de Flujo Dall

El tubo de flujo Dall, tiene una mayor proporción de presión desarrollada a la pérdida de presión que el tubo de flujo Venturi. Es más compacto y es comúnmente usado en aplicaciones de flujo grande. El tubo consta de una breve sección de entrada recta, seguida por una brusca disminución en el diámetro interior del tubo. Esta sección, pidió la admisión en el hombro, es seguida por el cono de entrada convergente y divergente del cono de salida. Los dos conos están separados entre ellos por una ranura o una brecha. La

baja presión se mide en la garganta ranurada (el área entre los dos conos). La alta presión se mide en el borde anterior de la entrada del hombro.

#### **2.2.1.4 Tubo de Pitot**

El tubo Pitot, es otro elemento de flujo primario utilizado para producir una presión diferencial de detección de flujo. En su forma más simple, consta de un tubo con una abertura en el extremo. El pequeño orificio situado en el extremo está colocado de tal modo que se enfrenta al líquido que fluye.

La velocidad del fluido por el orificio del tubo disminuye a cero. Esto proporciona la entrada de alta presión a un detector de presión diferencial. Un toque de presión proporciona la entrada de baja presión.

#### **2.2.1.5 Tubo Annubar**

El tubo Annubar consta de dos tubos, el de presión total y el de presión estática. El tubo que mide la presión total está situado a lo largo de un diámetro transversal de la tubería y consta de varios orificios de posición crítica tal como se muestra en la figura 2.3, determinada por computador, que cubren cada uno la presión total en un anillo de área transversal de la tubería. Estos anillos tienen áreas iguales.

El tubo Annubar tiene una baja pérdida de carga y se emplea para la medida de pequeños o grandes caudales de líquidos y gases.

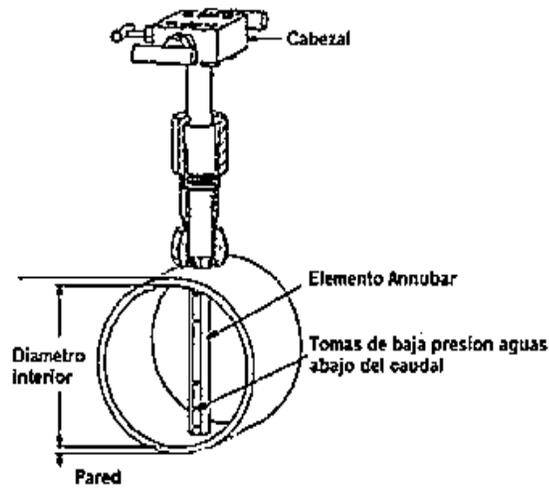


Figura 2.3 Tubo Annubar

### 2.2.1.6 Transmisores de Fuelle y de Diafragma

El transmisor de presión diferencial de fuelle contiene dos cámaras para la alta y baja presión. La alta presión comprime el fuelle correspondiente arrastrando la palanca de unión, el cable y un eje exterior cuyo movimiento actúa sobre el transductor neumático o electrónico.

Un resorte de margen permite disponer de varias gamas de presión diferencial. En la figura 2.4 se muestra los componentes del transmisor de fuelle.

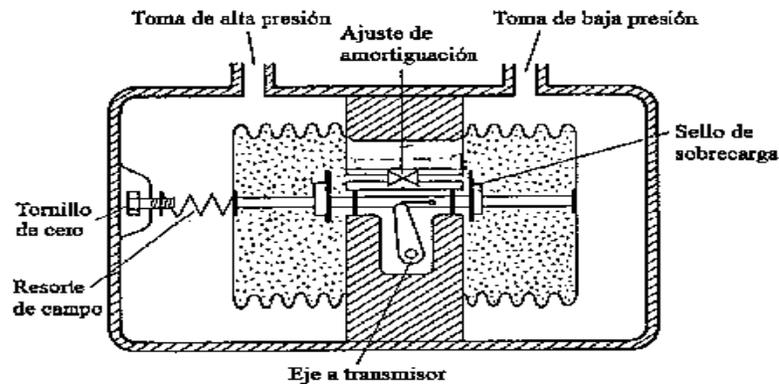


Figura 2.4 El Transmisor De Presión Diferencial De Fuelle

El transmisor de presión diferencial de diafragma se diferencia del de fuelle en que la separación entre las dos cámaras se efectúa mediante diafragmas en lugar de fuelles, tal como se muestra en la figura 2.5, con lo cual el desplazamiento volumétrico es casi nulo.

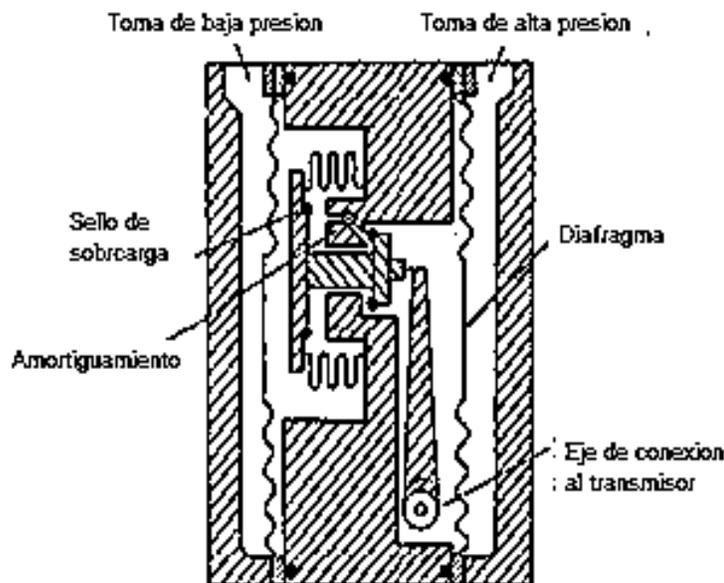


Figura 2.5 El Transmisor De Presión Diferencial De Diafragma

### 2.2.2 Área Variable

Los elementos de área variable se caracterizan por el cambio de área que se produce entre el elemento primario en movimiento y el cuerpo del medidor. Pueden asimilarse a una placa-orificio cuyo diámetro interior fuera variable dependiendo del caudal y de la fuerza de arrastre producida por el fluido.

Un medidor de área es relativamente constante de tal forma que la tasa de flujo es directamente proporcional al área de medición. La variación en la zona es producida por el ascenso y la caída de un elemento flotante. Este tipo de medidor de flujo debe ser montado de tal manera que el elemento flotante se mueve verticalmente y la fricción es mínima.

### 2.2.2.1 Rotámetro

El rotámetro consta de un flotador de metal y un tubo de vidrio cónico, construido de tal forma que el diámetro aumenta con la altura tal como se muestra en la figura 2.6. Cuando no hay fluido que pasa a través del rotámetro, el flotador, descansa en el fondo del tubo. Cuando el fluido entra en el tubo, la mayor densidad de la flotación hará que el flotador permanezca en la parte inferior.

El espacio entre el flotador y el tubo permite el flujo a través de la flotación. A medida que el caudal aumenta en el tubo, aumenta la caída de presión. Cuando la caída de presión es suficiente, la flotación se elevará para indicar la cantidad de flujo. Cuanto mayor sea el caudal mayor será la caída de presión. Cuanto mayor sea la caída de presión del tubo más arriba el flotador sube.

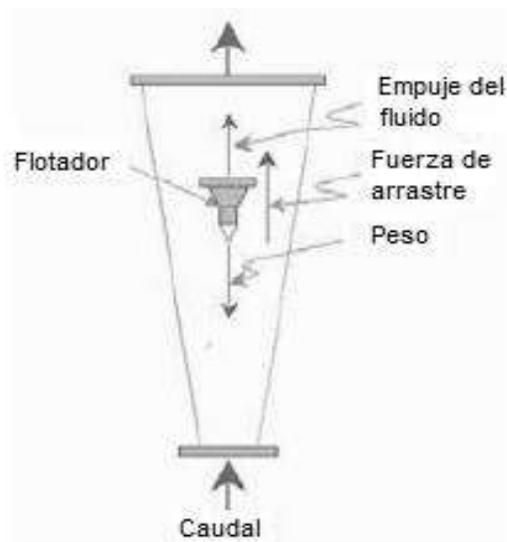


Figura 2.6 Rotámetro

### **2.2.3 Velocidad**

#### **2.2.3.1 Vertederos y Venturi**

Los vertederos se utilizan en la medición del caudal en canales abiertos se emplean de formas variadas que provocan una diferencia de alturas del líquido en el canal, entre la zona anterior del vertedero y su punto más bajo. El vertedero debe formar un ángulo recto con la dirección del caudal y el canal aguas arriba debe ser recto como mínimo en una distancia de 10 veces la anchura.

Los vertederos más empleados son de los siguientes: Rectangular, Triangular o en V, Cipolletti o trapezoidal, El vertedero Parshall o Venturi.

#### **2.2.3.2 Turbinas**

Los medidores de turbina consisten en un rotor que gira al paso del fluido con una velocidad directamente proporcional al caudal. El fluido choca contra el borde frontal de las palas del rotor produciendo un área de baja presión y, como resultado de esta presión diferencial, las palas giran.

Como la velocidad del fluido baja inmediatamente después de las palas de la turbina, por el principio de Bernoulli aumenta la presión aguas abajo de la turbina y, como consecuencia, se ejerce una fuerza igual y opuesta a la del fluido aguas arriba y, de este modo, el rotor está equilibrado hidrodinámicamente y gira entre los conos anterior y posterior sin necesidad de utilizar rodamientos axiales, evitando así los efectos indeseables de un rozamiento que necesariamente se produciría.

#### **2.2.3.3 Transductores Ultrasónicos**

Los transductores ultrasonidos se basan en el fenómeno "ultrasónico" caracterizado porque las pequeñas perturbaciones de presión en el seno de un fluido se propagan a la velocidad del sonido correspondiente al fluido. Si,

además, el fluido posee también velocidad, entonces la velocidad absoluta de la propagación de la perturbación de presión es la suma algebraica de ambas.

## **2.3 TEMPERATURA**

La calidez o frialdad de un pedazo de plástico, madera, metal u otro material depende de la actividad molecular del material. La energía cinética es una medida de la actividad de los átomos que componen las moléculas de cualquier material. Por lo tanto, la temperatura es una medida de la energía cinética del material en cuestión.

Porque la temperatura es uno de los parámetros más importantes de un material, muchos instrumentos han sido desarrollados para medir. Unos de los detectores más importantes en los procesos para la medición de temperatura son el RTD y el termopolar.

### **2.3.1 RTD (Detector De Temperatura Resistivo)**

Elementos RTD normalmente están contruidos de platino, cobre o níquel. Que aumenta la resistencia a medida que aumenta la temperatura y, a la inversa, disminución de la resistencia a medida que la temperatura disminuye. Estos metales son los más adecuados debido a sus características de temperatura de resistencia lineal, su alto coeficiente de resistencia, y su capacidad para soportar repetidos ciclos de temperatura.

### **2.3.2 Termopar**

Un termopar está contruido de dos alambres metálicos similares unidos de un extremo. Cuando uno de los extremos de cada cable está conectado a un instrumento de medición, el termopar se convierte en un sensible y altamente

preciso dispositivo de medición. Termopares pueden ser contruidos de diferentes combinaciones de materiales.

Cuando el termopar entra en funcionamiento, este causará un flujo de corriente eléctrica en el circuito conectado cuando está sujeto a cambios en la temperatura. La cantidad de corriente que será producida dependerá de la diferencia de temperatura entre la medición y el electrodo de referencia. El termopar produce una tensión que es mayor que el voltaje a través de la unión de referencia. La diferencia entre las dos tensiones es proporcional a la diferencia en la temperatura y puede ser medida en el voltímetro

## **2.4 PRESIÓN**

La presión es una fuerza por unidad de superficie y puede expresarse en unidades tales como: pascal, bar, atmósferas, kilogramos por centímetro cuadrado y psi (libras por pulgada cuadrada).

### **2.4.1 Elementos Mecánicos**

#### **2.4.1.1 El Tubo De Bourdon**

El tubo de Bourdon es un tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo (figura 2.7). Al aumentar la presión en el interior del tubo, éste tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora, por un sector dentado y un piñón.

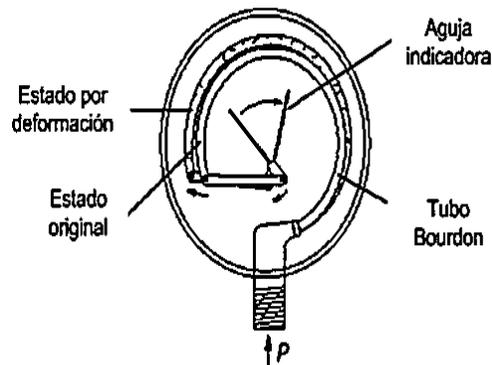


Figura 2.7 Tubo De Bourdon

#### 2.4.1.2 El Elemento en Espiral

El elemento en espiral se forma arrollando el tubo Bourdon en forma de espiral alrededor de un eje común, y el helicoidal arrollando más de una espira en forma de hélice.

#### 2.4.1.3 El Diafragma

Consiste en varias cápsulas circulares conectadas rígidamente entre sí por soldadura, de forma que, al aplicar presión, cada cápsula se deforma y la suma de los pequeños desplazamientos es amplificada por un juego de palancas. El sistema se proyecta de tal modo que, al aplicar presión, el movimiento se aproxima a una relación lineal en un intervalo de medida lo más amplio posible con un mínimo de histéresis y de desviación permanente en el cero del instrumento. En la figura 2.8 se muestran los elementos para su funcionamiento.

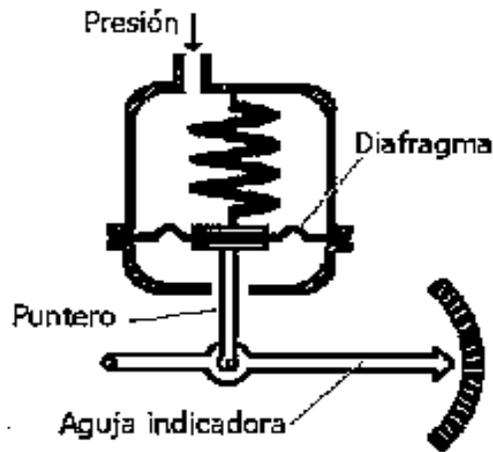


Figura 2.8 Diafragma

#### 2.4.1.4 El Fuelle

El fuelle es parecido al diafragma compuesto, pero de una pieza flexible, y puede contraerse con un desplazamiento considerable (figura 2.9). Los elementos del fuelle se caracterizan por su larga duración, el material utilizado para su construcción es bronce fosforo y el muelle es tratado térmicamente para mantener fija su constante de fuerza por unidad de compresión.

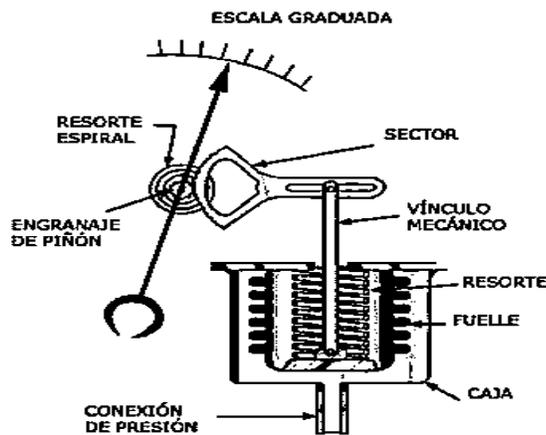


Figura 2.9 El Fuelle

## **2.4.2 Elementos Electromecánicos**

Los elementos electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico combinado con un transductor eléctrico, que genera la correspondiente señal eléctrica. El elemento mecánico consiste en un tubo Bourdon, espiral, hélice, diafragma, fuelle o una combinación de los mismos que a través de un sistema de palancas convierte la presión en una fuerza o en un desplazamiento mecánico. Los elementos electromecánicos se clasifican según el principio de funcionamiento en los siguientes tipos: resistivos, magnéticos, capacitivos, extensiométricos y piezoeléctricos.

### **2.4.2.1 Elementos Resistivos**

Los elementos resistivos están constituidos de un elemento elástico (tipo Bourdon o cápsula) que varía la resistencia óhmica de un potenciómetro en función de la presión. El potenciómetro puede adoptar la forma de un sólo hilo continuo, o bien estar arrollado a una bobina siguiendo un valor lineal o no de resistencia.

El movimiento del elemento de presión se transmite a un brazo móvil aislado que se apoya sobre el potenciómetro de precisión. Éste está conectado a un circuito de puente de Wheatstone.

La figura 2.10 muestra el funcionamiento del elemento resistivo, así como sus partes principales.

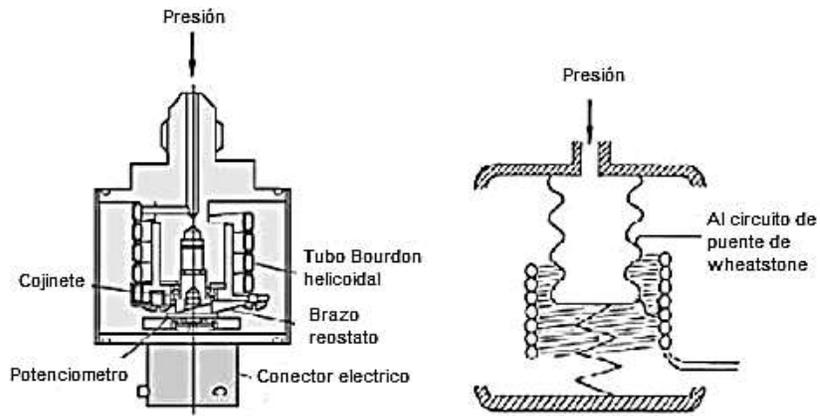


Figura 2.10 Elemento Resistivo

### 2.4.2.2 Elementos de Inductancia

Los elementos de inductancia variable utilizan el transformador diferencial variable lineal que proporciona una señal en C.A. proporcional al movimiento de una armadura de material magnético situada dentro de un imán permanente o una bobina que crea un campo magnético, (como se muestra en la figura 2.11). Al cambiar la posición de la armadura, por un cambio en la presión del proceso, varía el flujo magnético. Esta variación del flujo da lugar a una corriente inducida en la bobina que es, por tanto, proporcional al grado de desplazamiento de la armadura móvil.

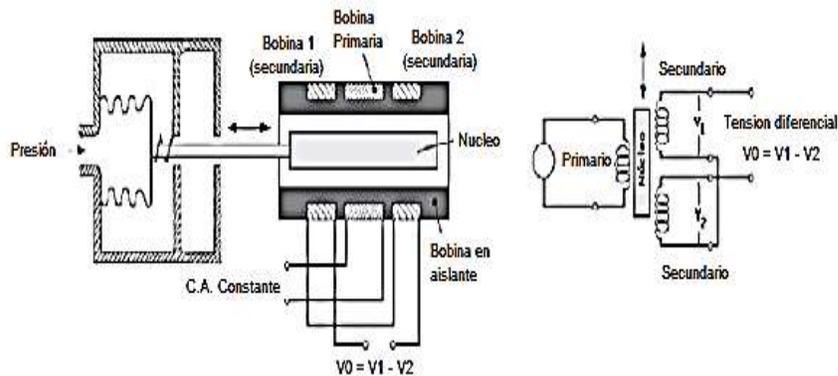


Figura 2.11 Elemento De Inductancia

### 2.4.2.3 Elementos de Reluctancia

Los elementos de reluctancia variable se basan en el desplazamiento mecánico, debido a la presión, de un núcleo magnético situado en el interior de una o dos bobinas. Estas bobinas están conectadas a un puente de C.A. y la tensión de salida es proporcional a la presión del fluido. El sensor está conectado a un puente alimentado por una tensión alterna de frecuencias entre 1 KHz a 10 KHz. La variación de la reluctancia magnética produce una modulación de inductancia efectiva que es función de la presión del fluido. En la figura 2.12 se muestra el funcionamiento del elemento de reluctancia.

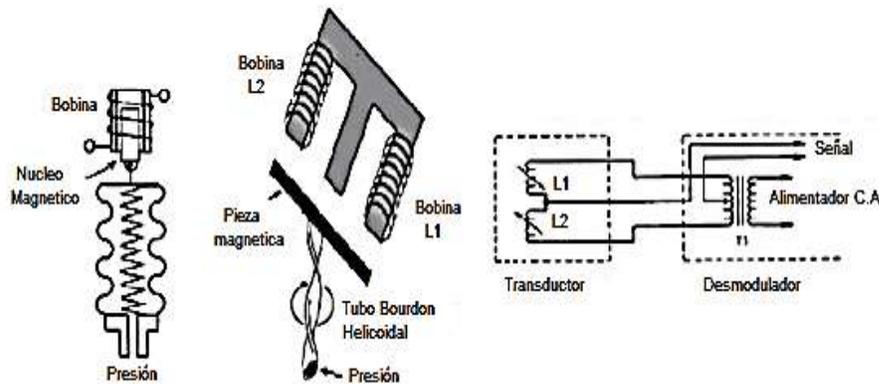


Figura 2.12 Elemento De Reluctancia

### 2.4.2.4 Elementos de Capacitancia

Los elementos capacitivos se basan en la variación de capacidad que se produce en un condensador al desplazarse una de sus placas por la aplicación de presión. La placa móvil tiene forma de diafragma y se encuentra situada entre dos placas fijas, De este modo, se tienen dos condensadores uno de capacidad fija o de referencia y el otro de capacidad variable, que pueden compararse en circuitos oscilantes o bien en circuitos

de puente de Wheatstone alimentados con corriente alterna. En la figura 2.13 se muestra el principio de funcionamiento del elemento de capacitancia.

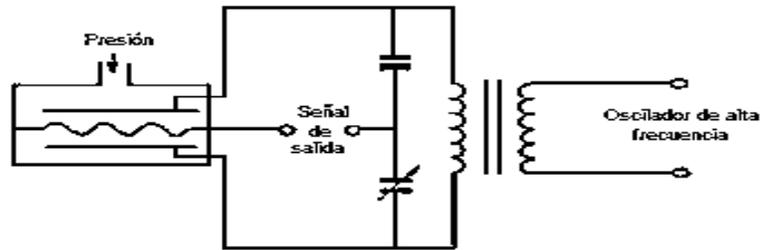


Figura 2.13 Elemento De Capacitancia

#### 2.4.2.5 Galgas Extensiométricas

La galga extensiométrica la constituyen los elementos de presión de silicio difundido. Están formados por un elemento de silicio situado dentro de una cámara conteniendo silicona que está en contacto con el proceso a través de un diafragma flexible. El sensor está fabricado a partir de un monocristal de silicio, en cuyo seno se difunde boro para formar varios puentes de Wheatstone, constituyendo así una galga extensiométrica autocontenida. La figura 2.14 muestra las partes que constituyen una galga extensiométrica.

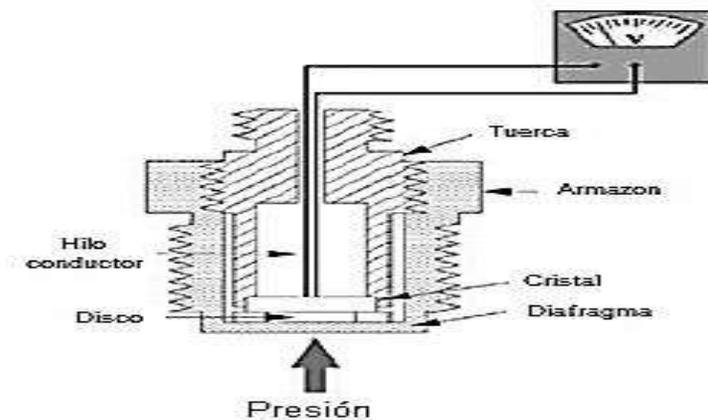


Figura 2.14 Galgas Extensiométricas

# ***CAPÍTULO 3***

## ***LABQUEST Y SENSOR DE FLUJO***

### **3.1 LABQUEST**

LabQuest es una interfaz potente, fácil de usar e intuitiva para la educación científica. Ya que con ella se pretende motivar a los estudiantes en el campo de la ciencia. Las ventajas de contar con este tipo de instrumentación para las materias de ciencias son la comprobación, entendimiento y visualización de fenómenos físicos que normalmente ocurren a nuestros alrededores. El medir los cambios, analizar sus causas y comprobar lo que se estudia en el aula es sin duda una de las mejores formas de aprendizaje aplicado en la actualidad.

Vernier LabQuest es una interfaz utilizada para recoger datos de los sensores con su aplicación integrada de gráficos y análisis. Cuenta con una pantalla táctil que hace que sea fácil recopilar, analizar y compartir datos de los experimentos.

Pero para tener una visión más clara de cómo funciona LABQUEST en la figura 3.1 se muestra la manera más sencilla de utilizar LABQUEST.

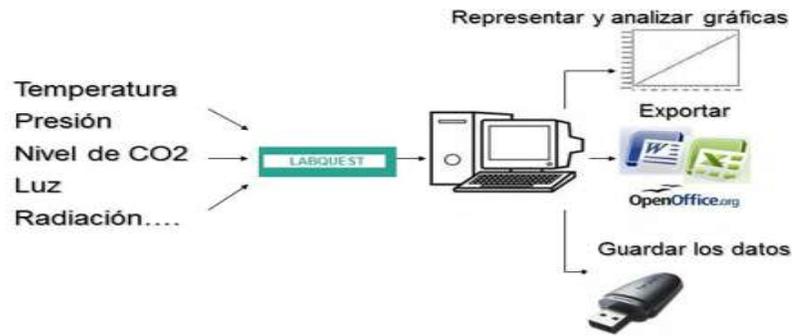


Figura 3.1 Funcionamiento LABQUEST

Hasta el momento Vernier cuenta con varios dispositivos dedicados a la educación científica, por ejemplo: LABQUEST I, LABQUEST II, ESPECTROFOTÓMETRO, LABPRO y el más reciente LABQUEST MINI. En la figura 3.2 se presentan las diferentes interfaces Vernier.



Figura 3.2 Interfaces Vernier

### 3.2 LABQUEST I

Esta es la primera interfaz de instrumentos Vernier y algunas de las características con las que cuenta es que se puede medir los valores de cualquier variable con los sensores Vernier (sensor de caudal, sensor de

corriente, de fuerza, temperatura, campo magnético, salinidad, etc.) y con ello comprobar los valores y evolución de los resultados de una manera más rápida pues se pueden visualizar en la pantalla de manera instantánea. También se puede almacenar los valores obtenidos, ya sea en un dispositivo USB o una tarjeta micro SD.

Conociendo un poco más cuales son las aplicaciones que se le puede dar a LABQUEST a continuación se presentaran algunas de ellas

### **Aplicaciones:**

- Como un dispositivo autónomo de adquisición y análisis de datos, controlado con una pantalla táctil y las teclas de su panel frontal.
- Como una interfaz conectada a un PC, usando el Software Logger Pro o Logger Lite.
- Para utilizar las herramientas incluidas como la tabla periódica o el cronómetro.

### **Especificaciones Técnicas**

- Pantalla de 7 x 5.3 cm.
- Resolución 324X240 en color.
- Peso 350 grs.
- Procesador de 416 Mhz.
- Retro-iluminación de LED.
- Pantalla táctil.
- Botones de navegación.
- Teclado en pantalla.
- Tabla periódica integrada.
- Función cronómetro.

### **Adquisición de Datos**

- Trabaja con todos los sensores existentes de Vernier.
- Tasa de muestreo de señales de 100k muestras por segundo.

- Memoria interna instalada de 40 Mb, zócalo de expansión SD y puerto USB.
- 12 Bits de resolución.
- Sensor de temperatura y de sonido integrados en su interior.

### **Conexiones al Exterior**

- Seis canales de conexión para la conexión de los sensores.
- Puerto USB estándar, para conexión de impresoras o de dispositivos de almacenamiento.
- Puerto Mini-USB.
- Conexión de alimentación.
- Audio IN, audio OUT y micrófono integrado.

### **Alimentación**

- Batería recargable.

### **Condiciones de Uso**

- Resistente al agua.
- Diseño robusto, provisto de protecciones para evitar daños por golpes y caídas.

En la figura 3.3 se muestran las características principales del LABQUEST, así como algunos de las funciones de los botones con los que cuenta la interfaz LABQUEST



Figura 3.3 Características LABQUEST I

### 3.3 LABQUEST II

LABQUEST 2 es la segunda generación de interfaces de Vernier la cual se sigue utilizando para la recopilación de datos con su sensor integrado en su aplicación de análisis y representación gráfica. Ahora con una pantalla táctil de alta resolución hace que sea más fácil e intuitiva para recoger, analizar y compartir los datos de los experimentos. Su conectividad inalámbrica fomenta la colaboración y el aprendizaje personalizado. También se puede utilizar LabQuest II como un sensor USB interfaz utilizando *Logger Pro software*.

Para conocer las diferencias entre el LABQUEST I Y LABQUEST II a continuación se presentan las nuevas características del LABQUEST II.

## **Pantalla**

- De 11,2 cm x 6,7 cm.
- Pantalla de 800 x 480 píxeles en la pantalla en color de 188pp de retroiluminación LED, la orientación de la pantalla horizontal o vertical.
- El modo de alto contraste para visibilidad en el exterior.

## **Procesador**

- A 800 MHz de procesador de aplicaciones.

## **Conectividad**

- Wi-Fi 802.11 b/g/n @ 2.4GHz.
- Bluetooth Smart para WDSS y Wi-Fi para los sensores.

## **Interfaz de Usuario**

- Pantalla táctil resistente y lápiz táctil para navegación.

## **La Adquisición de Datos**

- 100.000 muestras por segundo.
- Resolución de 12 bits.
- GPS Integrado, acelerómetro de 3 ejes, temperatura ambiente, luz y micrófono.

## **Puertos**

- 5 canales para los sensores.
- Puerto USB, unidades flash y periféricos.
- USB mini.
- Puerto de alimentación DC.
- Micro SD/ranura MMC.
- Entrada y salida de audio.

A continuación, en la figura 3.4, 3.5 y 3.6 se muestran la representación física del LABQUEST II junto con algunas de las funciones de sus botones.

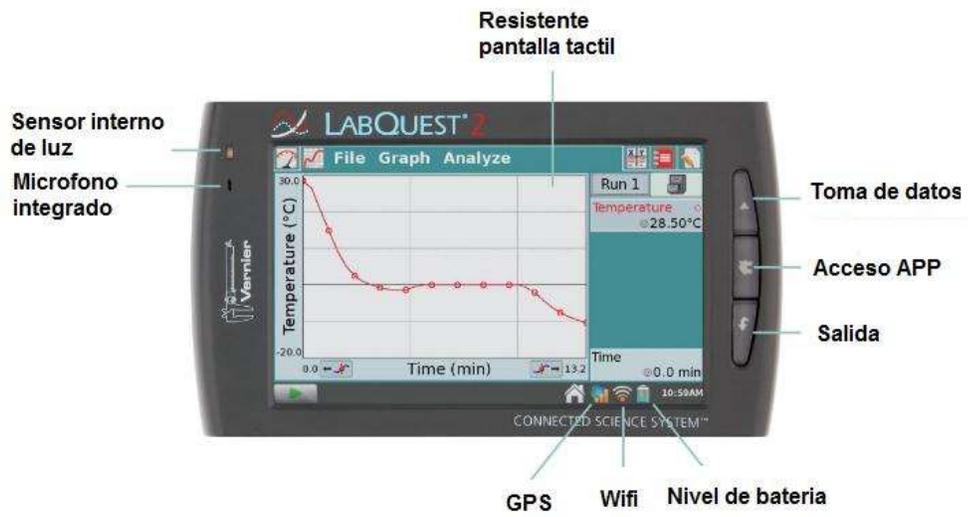


Figura 3.4 Características 1 LABQUEST II



Figura 3.5 Características 2 LABQUEST II

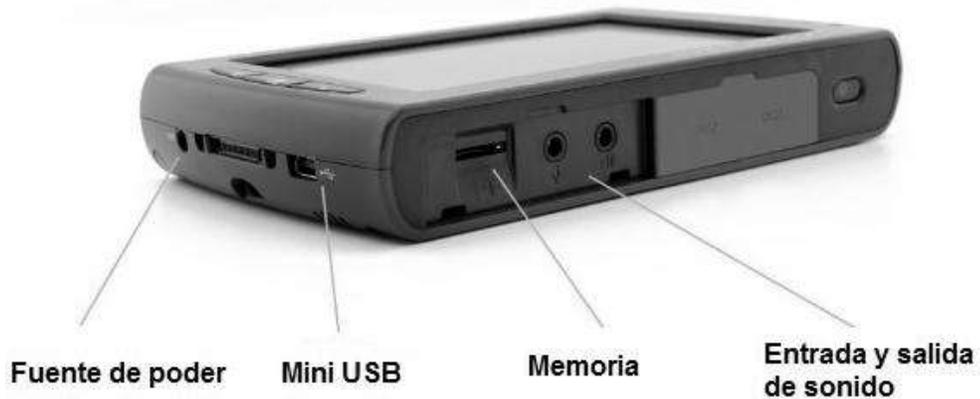


Figura 3.6 Características 3 LABQUEST II

Para este trabajo se utilizará la interfaz LABQUEST II en la cual nos va permitir recolectar la información de 3 maneras diferentes, esto con la intención de poder visualizar los datos obtenidos de diferentes perspectivas y mejorar las conclusiones, a continuación, se muestran los diferentes tipos de recolección de datos: Gráfica (figura 3.7), métrico (figura 3.8) y tabla (figura 3.9).

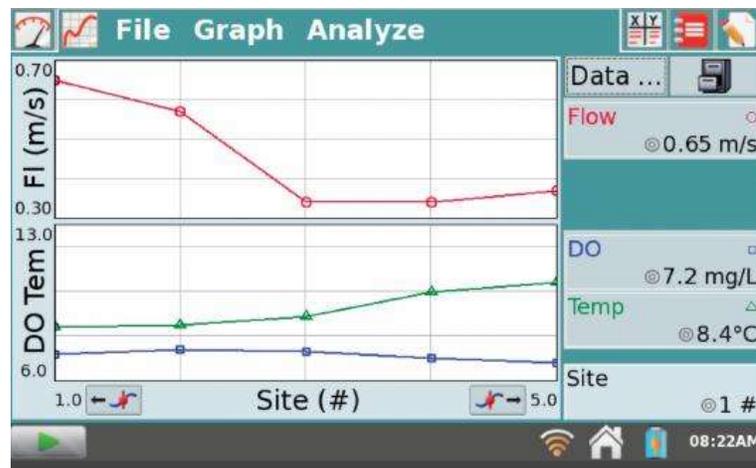


Figura 3.7 Recolección De Datos Tipo Gráfica

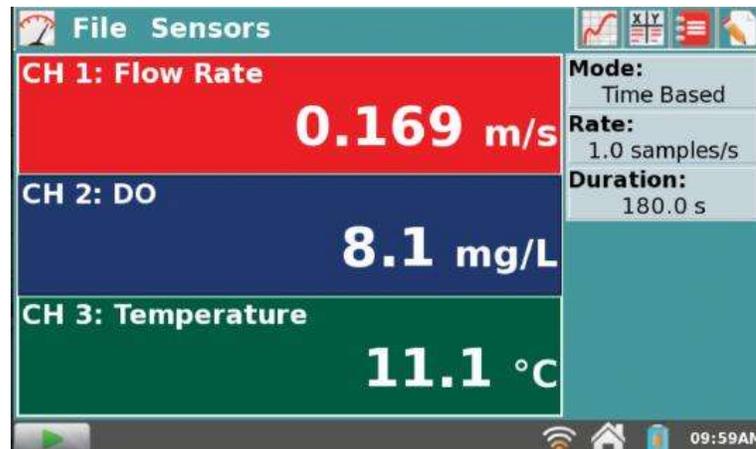


Figura 3.8 Recolección De Datos Tipo Métrico

The screenshot shows the 'File Table' window displaying a table of collected data. The table has four columns: 'Site (#)', 'Flow (m/s)', 'DO (mg/L)', and 'Temp (°C)'. The data is as follows:

Site (#)	Flow (m/s)	DO (mg/L)	Temp (°C)
1	0.65	7.2	8.4
2	0.57	7.4	8.5
3	0.34	7.3	8.9
4	0.34	7.0	10.0
5	0.37	6.8	10.4
6	0.32	6.6	10.9
7	0.30	6.5	11.5

The bottom status bar shows the time as 09:36AM.

Figura 3.9 Recolección De Datos Tipo Tabla

### 3.4 SENSORES DE LABQUEST

Con la interfaz LABQUEST tenemos la oportunidad de crear experimentos científicos con la ayuda de sus sensores los cuales son más de 50, y en algunos casos existen sensores de diferentes construcciones. En esta sección se hablará de algunos de los sensores, los cuales me parecieron interesantes.

### 3.4.1 Sensor De Corriente Eléctrica

El sensor de corriente eléctrica (figura 3.10) puede medir corrientes en circuitos de corriente continua y alterna, ambos de baja tensión. Su rango de medida es de 0 a 0.6 A., rango ideal para la mayoría de los circuitos de baja tensión. Usándolo conjuntamente con sensor de diferencia de tensión es ideal para experiencias sobre la ley de Ohm y relación de fase con componentes reactivos.

El sensor contiene un elemento de detección y amplificador de señal. El elemento de detección es una resistencia de 0.1 Ohm unida entre los terminales rojo y negro. Cuando la corriente pasa por la resistencia, una diferencia de potencial puede ser medida a través de esta resistencia.

Esta diferencia potencial es la entrada al amplificador de señal. El resultado final es que un voltaje es producido por el amplificador y que puede ser medido por la interfaz de laboratorio. Este voltaje varía de manera lineal con la corriente. La sonda de corriente está diseñada para colocarse en serie con el circuito. Pueden medirse corrientes en una u otra dirección. El rango es 0.6A (600 mA).



Figura 3.10 Sensor De Corriente Eléctrica

### 3.4.2 Sensor De Campo Magnético

El sensor de campo magnético (figura 3.11) usa un transductor de efecto Hall, y mide una componente transversal del campo magnético cerca de la punta del sensor. Tiene dos rangos, permitiendo la medición de relativamente fuertes campos magnéticos alrededor de imanes permanentes y electroimanes, así como la medición de los campos débiles, tales como el campo magnético de la tierra.

El sensor usa un transductor de efecto Hall. Produce un voltaje que es lineal con el campo magnético. El sensor mide el componente del campo magnético que es perpendicular al punto blanco situado en el fin del sensor. La lectura es positiva cuando el punto blanco en el sensor señale un polo sur magnético.



Figura 3.11 Sensor De Campo Magnético

### 3.4.3 Detector De Movimiento

El detector de movimiento (figura 3.12) utiliza el ultrasonido para medir la posición de los carros, pelotas, personas y otros objetos. Se pueden medir los objetos tan cercanos como 15 cm y tan lejos como 6 m. Con el sistema de conmutador de sensibilidad reduce el ruido y produce mejor calidad de datos para estudiar la dinámica de carros en las pistas.

Este detector de movimiento emite ráfagas cortas de ondas sonoras ultrasónicas de la lámina de oro del transductor. Estas ondas llenan un área en forma de cono de 15 a 20° del eje de la línea central de la viga. El detector de movimiento “escucha” por el eco de estas ondas ultrasónicas para luego regresar a él. El equipo mide el tiempo que tardan las ondas ultrasónicas para hacer el viaje desde el detector de movimiento a un objeto y la vuelta. Con este tiempo y la velocidad del sonido en el aire, la distancia hasta el objeto más cercano es determinada.



Figura 3.12 Detector De Movimiento

#### 3.4.4 Sensor De Temperatura

El sensor de temperatura (figura 3.13) está hecha de acero inoxidable, este es un sensor de temperatura robusto y de uso general el cual se puede usar en líquidos orgánicos, soluciones salinas, ácidos y bases. Se usa como lo haría con un termómetro para experimentos en química, física, biología, ciencias de la Tierra y ciencias ambientales.

Esta sonda utiliza el termistor NTC 20 k $\Omega$ , que es una resistencia variable. Cuando la temperatura aumenta, la resistencia disminuye de manera no lineal. El mejor ajuste de la aproximación a esta característica no lineal es la ecuación Steinhart-Hart.



Figura 3.13 Sensor De Temperatura

### 3.4.5 Sensor De Caudal

Por último, este sensor de caudal (figura 3.14) será el que utilice para este proyecto por lo tanto será importante conocer todas sus aplicaciones, características, funciones que pudiera tener, primeramente, se nombrarán algunas especificaciones de los valores internos con los que puede trabajar.

#### Especificaciones

- Precisión:  $\pm 1\%$  de lectura de escala completa.
- Resolución típica: 0,0012 m/s.
- Tiempo de respuesta: 98% del total de la escala de lectura en 5 - segundos, 100% de la escala total en 15 segundos.
- Rango de temperatura: 0 a 70°C.

### Elementos incluidos con el sensor de caudal

- Sensor de flujo (rotor de varilla con 5 metros de cable).
- Tres varillas verticales (a corto, medio y largo).
- Manual del sensor de caudal.



Figura 3.14 Sensor De Flujo

El sensor de caudal mide la velocidad del flujo de agua. Cuando se coloca en una secuencia, como se muestra en la figura 3.15, el agua fluye contra las palas del rotor, lo cual hace que gire. El agua fluye más rápido, más rápido el rotor gira. Un imán de barra en rotación con el rodete activa un interruptor con cada mitad de rotación. El interruptor envía un pulso para el acondicionamiento de la señal de verificación, donde los impulsos se convierten en un voltaje que es proporcional a la velocidad de flujo.

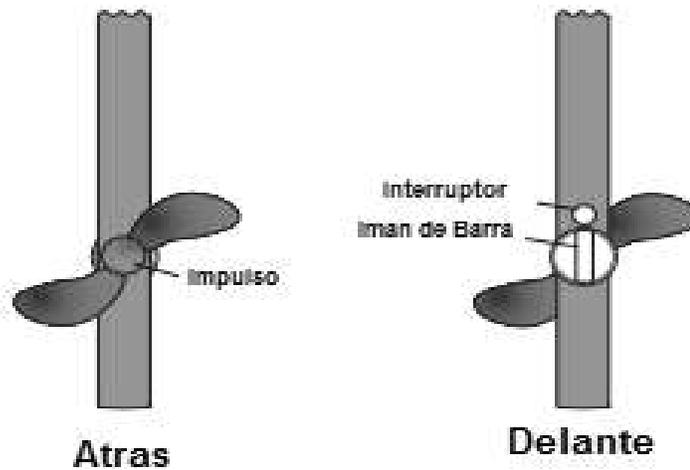


Figura 3.15 Funcionamiento Del Sensor De Caudal

### Aplicaciones del Sensor de caudal

#### 1-. Cálculo de Descarga

El sensor de caudal se puede utilizar para determinar la cantidad de agua que fluye en un arroyo (figura 3.16), es necesario medir la tasa a la cual el agua fluye en la zona.

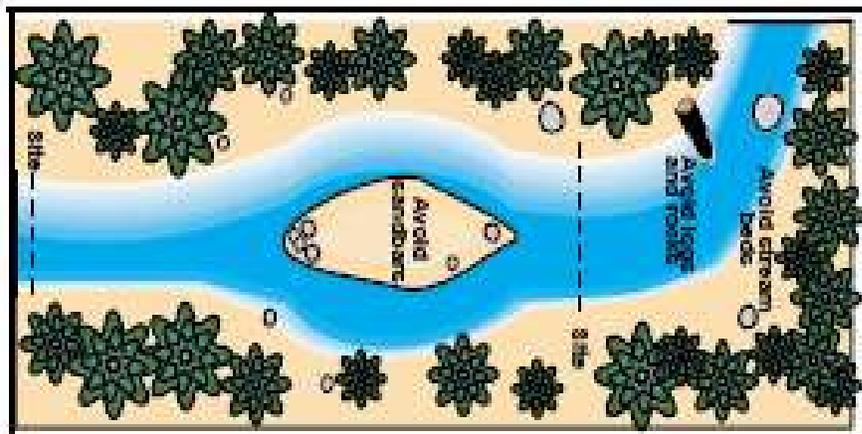


Figura 3.16 Aplicación 1 Cálculo De Agua En Un Arroyo

## 2-. Describiendo Tipo de Corrientes

Usando el sensor de caudal, es posible asignar características de flujo de un arroyo, tomando medidas en diferentes puntos y profundidades. Para comprender las características de flujo dentro de corrientes de agua en movimiento, es útil construir líneas de corriente y líneas de vectores. En la figura 3.17 se muestra cómo las líneas de flujo representan los posibles caminos de una sola partícula de fluido.

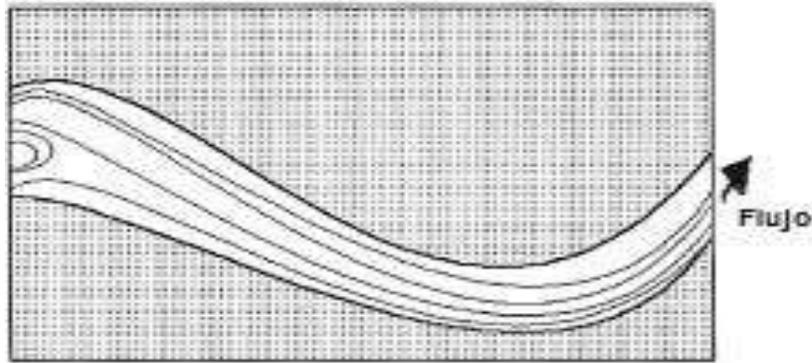


Figura 3.17 Aplicación 2 Diferentes Tipos De Corriente De Flujo

## 3-. Transporte de sedimentos

La cantidad de sedimentos y el máximo tamaño de partículas que pueden ser transportadas por el agua en movimiento están relacionados con la velocidad de flujo. Por lo tanto, la velocidad de flujo de datos obtenidos mediante el sensor de caudal se puede utilizar para determinar qué tamaño de partículas permanecerá en movimiento a una determinada velocidad de flujo. En la figura 3.18, se deriva de los acumulados datos observados, una muestra que para una determinada velocidad de flujo existe un rango de 4 posibilidades de comportamiento de las partículas de sedimento tumbado en la cama, o arrastrado dentro del flujo de una corriente. En una medida de velocidad de

flujo de 1 m/s, limo y arena (aunque no la arcilla compactada) serán erosionadas del lecho de un arroyo y transportados hacia abajo. A la misma velocidad, todas las partículas de sedimentos entre 10 mm y 100 mm que ya estaban en marcha continuarán en movimiento.

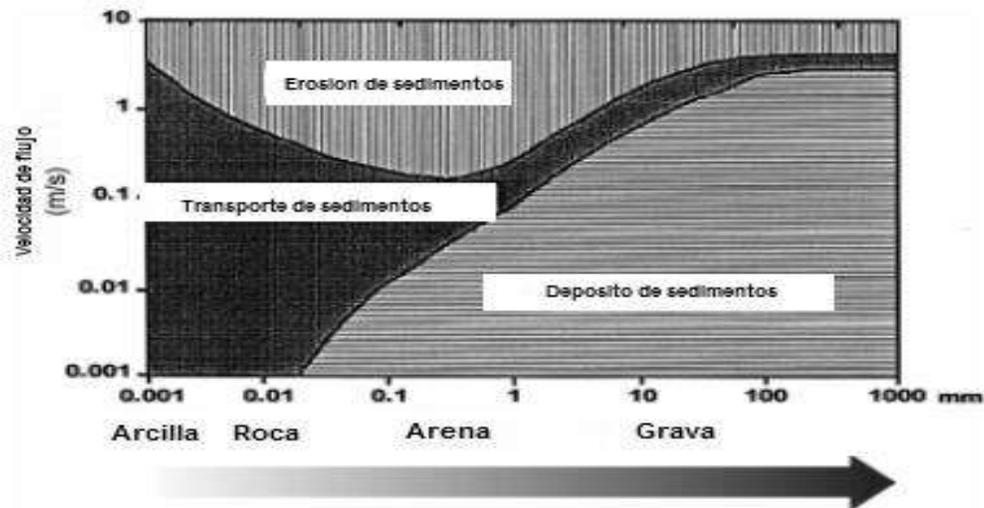


Figura 3.18 Aplicación 3 Transporte De Sedimentos

# ***CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN Y CASOS DE ESTUDIO***

## **4.1 CASO DE ESTUDIO RÍO “CHICO”**

Para comenzar este trabajo, se realizará un estudio sobre un tipo de sistema hidráulico, en este caso se estudiará una parte del río “Chico” el cual se muestra en la figura 4.1 este río está situado en la localidad de Morelia, Michoacán.



Figura 4.1 Tramo Río “Chico”

Para esta parte del proyecto se realizan tres pruebas en diferentes lugares de un tramo previamente seleccionado, con la interfaz LABQUEST II y el sensor de flujo, estas pruebas se realizaran con la finalidad de prestar

atención a las diferentes velocidades de caudal, así como observar la rapidez y exactitud del LABQUEST II.

Todas las pruebas se realizan con el LABQUEST II configurado a tomar 31 datos en un lapso de 10 segundos, la toma de datos y el tiempo se puede modificar según las necesidades del proyecto.

#### **4.1.1 Primer Caso De Estudio Río “Chico”**

Esta prueba se realizó en el inicio del río “Chico” en la figura 4.2 se muestra la posición exacta de la toma y en la figura 4.3 se muestra una toma más cercana del lugar de la prueba 1.



Figura 4.2 Posición 1 Para La Prueba 1 Río “Chico”



Figura 4.3 Posición 1 Toma Cercana Prueba 1 Río “Chico”

A continuación, en la figura 4.4 y tabla 4.1 se muestra el comportamiento de la velocidad del caudal con respecto al tiempo.

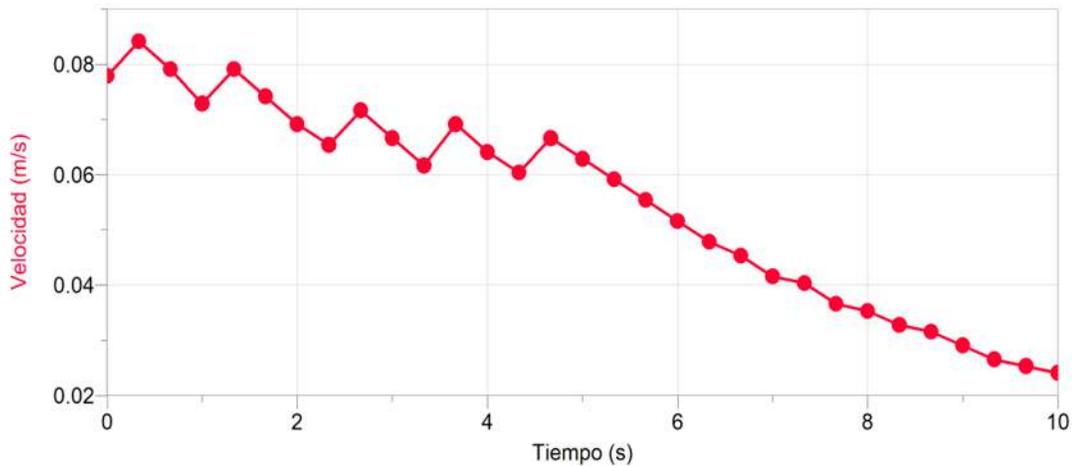


Figura 4.4 Gráfica De Comportamiento Prueba 1 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Río “Chico”

Esta prueba se realizó a una profundidad de 40 cm, en el centro del ancho del río “Chico” y la prueba se hizo con el sensor de caudal insertado en el río para así comenzar a correr LABQUEST II. Una vez terminada la prueba LABQUEST II guarda un archivo en formato. QMBL y este se visualiza con la herramienta computacional Logger Pro 3.

En esta primera etapa del experimento se pudo notar la poca velocidad de caudal que transitaba por esa parte del río y se podía notar visualmente en vivo y que el agua contenía mucha cantidad de tierra tal como aparece en la figura 4.3, por otra parte en la figura 4.4 la gráfica del comportamiento se nota algo interesante que la velocidad del río comienza con un valor de 0.078 m/s y este al pasar los 10 segundos termina con un valor de 0.024 m/s el cual nos dice que la velocidad tuvo una reducción de casi 200 %.

Otra anotación importante que note fue que la velocidad del caudal en el lapso de 1 a 5 segundos existe una diferencia entre las tomas de datos que

es muy poca pudiendo ser de 0.01 m/s 0.015 m/s, pero una vez pasados estos 5 segundos las tomas comienzan a decrecer constantemente hasta que llega al valor 0.024 m/s.

La tabla 4.1 nos va representar los valores de la velocidad del caudal que toma en cada fracción de tiempo, con esta tabla podemos visualizar de una manera más clara, exactamente donde los valores de la velocidad comienzan a decrecer casi linealmente lo cual es a partir del segundo 4.7 y se observa el valor de velocidad más alto y bajo de toda la prueba los cuales son 0.084 m/s y 0.024 m/s respectivamente.

Tabla 4.1 Valores De La Prueba 1 Río "Chico"

	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
1	0.0	0.078
2	0.3	0.084
3	0.7	0.079
4	1.0	0.073
5	1.3	0.079
6	1.7	0.074
7	2.0	0.069
8	2.3	0.065
9	2.7	0.072
10	3.0	0.067
11	3.3	0.062
12	3.7	0.069
13	4.0	0.064
14	4.3	0.060
15	4.7	0.067
16	5.0	0.063
17	5.3	0.059
18	5.7	0.055
19	6.0	0.052
20	6.3	0.048
21	6.7	0.045
22	7.0	0.042
23	7.3	0.040
24	7.7	0.037
25	8.0	0.035
26	8.3	0.033
27	8.7	0.032
28	9.0	0.029
29	9.3	0.027
30	9.7	0.025
31	10.0	0.024

#### 4.1.2 Segundo Caso De Estudio Río “Chico”

Para continuar con el estudio esta prueba se realiza en el centro de la parte del río “Chico” en la figura 4.5 se muestra la posición exacta de la toma y en la figura 4.6 se muestra una toma más cercana del lugar para la prueba 2.



Figura 4.5 Posición 2 Para La Prueba 2 Río “Chico”



Figura 4.6 Posición 2 Toma Cercana Prueba 2 Río “Chico”

A continuación, en la figura 4.7 y tabla 4.2 se presentan los resultados obtenidos en la prueba 2.

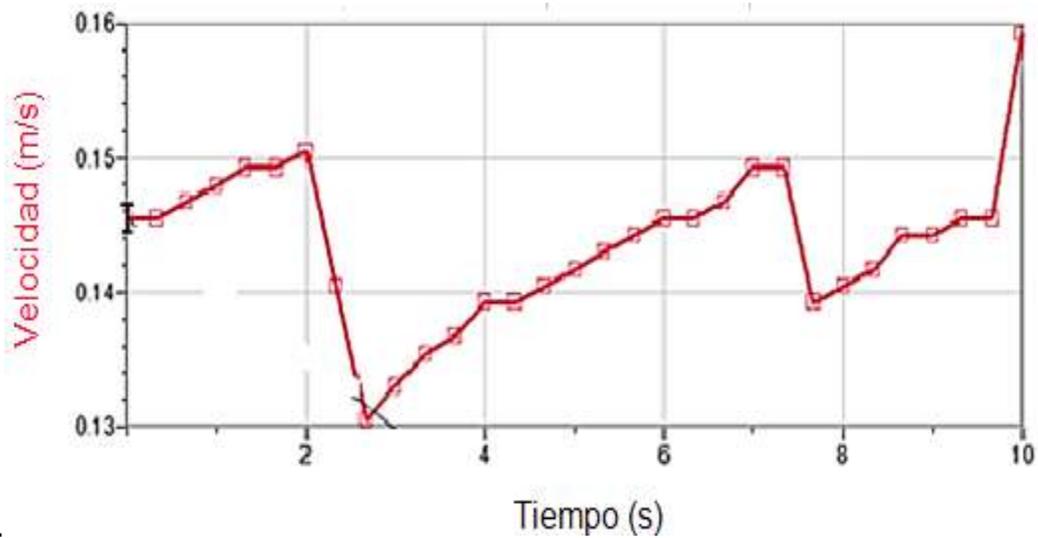


Figura 4.7 Gráfica De Comportamiento Prueba 2 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Río Chico

Para esta prueba se avanzó una distancia aproximada de 7 metros y de igual manera se insertó el sensor de flujo justo en el centro del río a una profundidad de 40 cm, los resultados se muestran en la figura 4.7 Gráfica de comportamiento prueba 2 velocidad del caudal vs tiempo la cual nos dice que en este estudio el caudal fue más veloz que el en primero un 100% más y que aquí los valores de la velocidad se mantienen en un margen de entre 0.13 m/s a 0.16 m/s sin existir decrementos fijos, pues se observa que en los 10 segundos del estudio los datos de la velocidad del caudal tiene 3 incrementos y 2 decrementos

En la tabla 4.2 que se presenta a continuación se muestran los valores tomados, principalmente se observa muy poca dispersión de un valor con el otro siendo esta diferencia de aproximadamente 0.03 m/s, la cual es menor a la diferencia en el primer caso de estudio que fue de 0.06m/s reduciéndose casi un 50 %, también se puede observar que para este estudio el valor máximo alcanzado fue de 0.159 m/s comparándolo con el valor máximo del estudio anterior el cual fue de 0.084 m/s se obtuvo un incremento de casi un 100% lo cual quiere decir que en los 7 metros que se avanzó existe algo que reduce la velocidad del caudal pudiendo ser sedimentos como tierra que hacen más densa el agua o diferentes medidas del ancho del canal.

Tabla 4.2 Valores De La Prueba 2 Río “Chico”

	Time (s)	Caudal (m/s)
10	3.0	0.133
11	3.3	0.135
12	3.7	0.137
13	4.0	0.139
14	4.3	0.139
15	4.7	0.140
16	5.0	0.142
17	5.3	0.143
18	5.7	0.144
19	6.0	0.145
20	6.3	0.145
21	6.7	0.147
22	7.0	0.149
23	7.3	0.149
24	7.7	0.139
25	8.0	0.140
26	8.3	0.142
27	8.7	0.144
28	9.0	0.144
29	9.3	0.145
30	9.7	0.145
31	10.0	0.159

### 4.1.3 Tercer Caso De Estudio Río “Chico”

Esta prueba se realizó en la parte final del tramo tomado en el río “Chico” en la figura 4.8 se muestra la posición exacta de la toma y en la figura 4.9 se muestra una toma más cercana del lugar de prueba 3.



Figura 4.8 Posición 3 Para La Prueba 3 Río “Chico”



Figura 4.9 Posición 3 Toma Cercana Prueba 3 Río “Chico”

A continuación, en la figura 4.10 y tabla 4.3 se presentan los resultados obtenidos de la prueba 3.

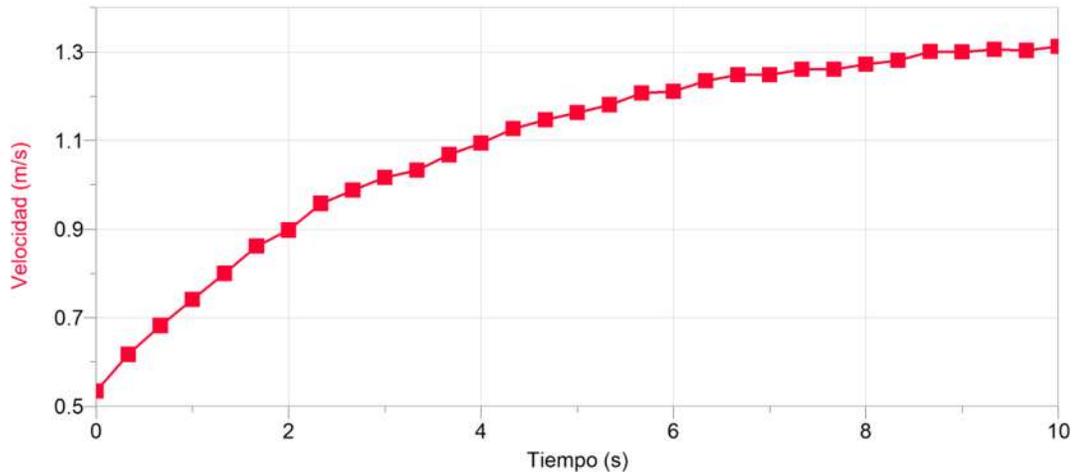


Figura 4.10 Gráfica De Comportamiento Prueba 3 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Río "Chico"

En esta zona del experimento se podía notar un poco más de velocidad en el caudal, la toma de datos se hizo exactamente en la esquina que aparece en la figura 4.9, lo primero que se nota es que el agua se torna un poco más clara ósea limpia lo que hace que él caudal sea más veloz, en la figura 4.10 gráfica de comportamiento, el valor más grande de velocidad es aproximadamente 1.3 m/s lo cual nos dice que existe una gran diferencia comparándolo con el resultado del primer caso de estudio 0.84m/s,

Por otro lado, otra cosa importante que se puede notar es que en este experimento el valor de la velocidad del caudal comienza en 0.535 m/s y este se empieza a incrementar de manera exponencial hasta que llega al máximo valor de 1.31 m/s cuando de manera inversa en el primer caso de estudio que empezó a decrecer el valor de la velocidad y totalmente diferente al segundo caso de estudio donde se mantiene constante en un rango.

A continuación, en la tabla 4.3 se muestran los valores obtenidos del tercer caso de estudio, como ya se había mencionado anteriormente en este estudio se encuentran los valores más altos de todo el sistema hidráulico estudiado, siendo este valor de 1.312 m/s y por supuesto se encuentra el patrón de que la velocidad de caudal va aumentando exponencialmente conforme pasa el tiempo sin tener ninguna reducción.

Tabla 4.3 Valores De La Prueba 3 Río “Chico”

	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
1	0.0	0.535
2	0.3	0.617
3	0.7	0.682
4	1.0	0.741
5	1.3	0.800
6	1.7	0.861
7	2.0	0.898
8	2.3	0.958
9	2.7	0.988
10	3.0	1.016
11	3.3	1.033
12	3.7	1.068
13	4.0	1.094
14	4.3	1.127
15	4.7	1.147
16	5.0	1.163
17	5.3	1.180
18	5.7	1.207
19	6.0	1.210
20	6.3	1.234
21	6.7	1.248
22	7.0	1.248
23	7.3	1.260
24	7.7	1.260
25	8.0	1.272
26	8.3	1.281
27	8.7	1.301
28	9.0	1.299
29	9.3	1.306
30	9.7	1.303
31	10.0	1.312

## **4.2 CASO DE ESTUDIO CANAL DEL PARQUE ZOOLOGICO “BENITO JUÁREZ”**

El siguiente sistema hidráulico a estudiar será un tramo de un canal que se encuentra ubicado dentro del parque zoológico “Benito Juárez” en la localidad de Morelia Michoacán a este canal se le suministra agua potable que la proporciona la empresa OOAPAS la cual es la encargada del agua potable, alcantarillado y saneamiento de Morelia, este canal también cuenta con una compuerta la cual se abre según las necesidades requeridas.

En este estudio se realizó con la compuerta cerrada, por lo tanto, se podrá notar que existe un bajo nivel de agua, unas de las características más importantes que se pudieron observar en este canal, es que cuenta con varias curvas, unos pequeños desniveles, así como vegetación, piedras grandes y diferentes anchos,

Para comenzar este estudio se utilizará la misma metodología que en el río “Chico”, solamente que el tramo del canal se dividirá en 4 partes, y cada con diferentes características.

Pero con la diferencia de que la toma de datos que realizara LABQUEST se modificará a 21 datos en 20 segundos, y para concluir se realizará un experimento en el cual se observara como el sensor de flujo puede tomar varias velocidades con solo moverlo de posición.

#### 4.2.1 Primer Caso De Estudio Canal Parque Zoológico “Benito Juárez”

Para comenzar con este estudio se inicia unos metros adelante del inicio del canal, la prueba se realizará en la curva que se muestra en la figura 4.11.



Figura 4.11 Posición Para La Prueba 1 Canal Parque Zoológico

Algunas de las características que se pueden apreciar en este punto, es que el tamaño de caudal en la curva era muy pequeño tenía una altura aproximada de 20 cm y no abarcaba todo el ancho del canal, en la figura 4.12 se presenta el caudal principal del canal en el cual se observa que tiene buena velocidad, pero las condiciones del canal hacen que en los primeros metros pierda velocidad.



Figura 4.12 Características Del Caudal Principal Canal Parque Zoológico

A continuación, se presentan los resultados de la prueba 1, la figura 4.13 muestra la gráfica de comportamiento prueba 1 velocidad del caudal vs tiempo.

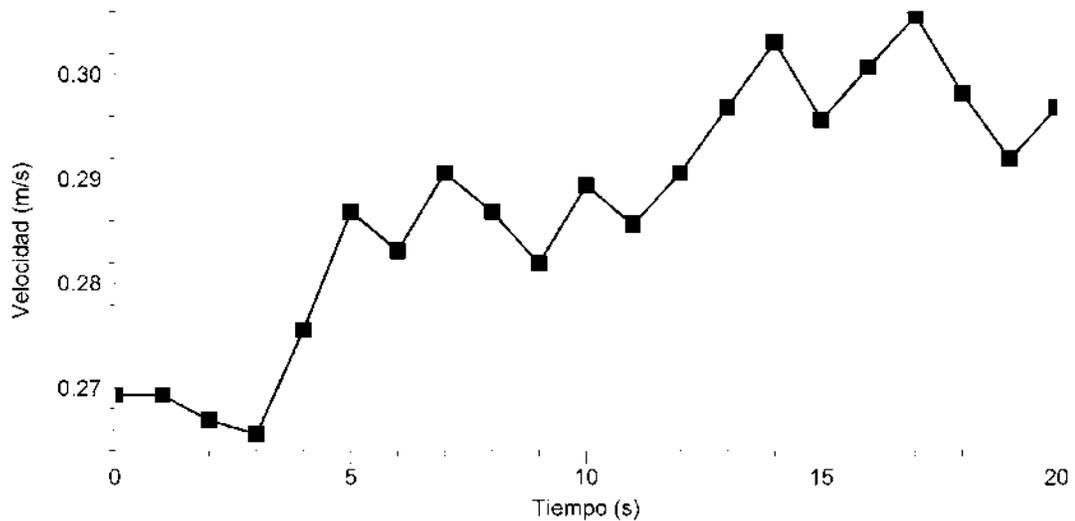


Figura 4.13 Gráfica De Comportamiento Prueba 1 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Canal Parque Zoológico

En esta grafica se aprecia como aún teniendo poco ancho de caudal la velocidad en la curva es considerablemente veloz comparándolo con los valores obtenidos en la prueba 1 y 2 del río “Chico”, que es un 100% mayor. Los valores en esta prueba tienden a aumentar, incluso cuando se observa que varios datos contienen descensos, en este estudio se observa que los valores de la velocidad comienzan en aproximadamente 0.27 m/s llegando a un máximo de 0.302 m/s teniendo un incremento de 11%, se puede decir que este tramo estudiado, aunque tenga muy poco de caudal, el reducir el ancho del canal junto con la inercia que provoca la curva esto hace que toda el agua que va pasando por ahí vaya aumentando de velocidad.

En la tabla 4.4 se presentan los datos obtenidos, en ella se puede apreciar que la velocidad de caudal máxima que alcanzo fue de 0.306 m/s la cual se puede considerar como un sobre impulso ya que este valor no se mantiene por mucho tiempo, pero se puede ver que los datos tienden a tomar valores de entre 0.270 m/s a 0.300 m/s aproximadamente, teniendo diferencias cercanas a 0.09 m/s de dato sobre dato.

Tabla 4.4 Valores De La Prueba 1 Canal Parque Zoológico

	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
1	0	0.269
2	1	0.269
3	2	0.267
4	3	0.266
5	4	0.276
6	5	0.287
7	6	0.283
8	7	0.291
9	8	0.287
10	9	0.282
11	10	0.289
12	11	0.286
13	12	0.291
14	13	0.297
15	14	0.303
16	15	0.296
17	16	0.301
18	17	0.306
19	18	0.298
20	19	0.292
21	20	0.297

#### **4.2.2 Segundo Caso De Estudio Canal Parque Zoológico “Benito Juárez”**

En este caso se avanzó una distancia aproximada de 15 metros hasta encontrar una posición adecuada para la toma de datos, en la figura 4.14 se puede apreciar visualmente la localización de la prueba 1 y el lugar donde se realizó la prueba 2.

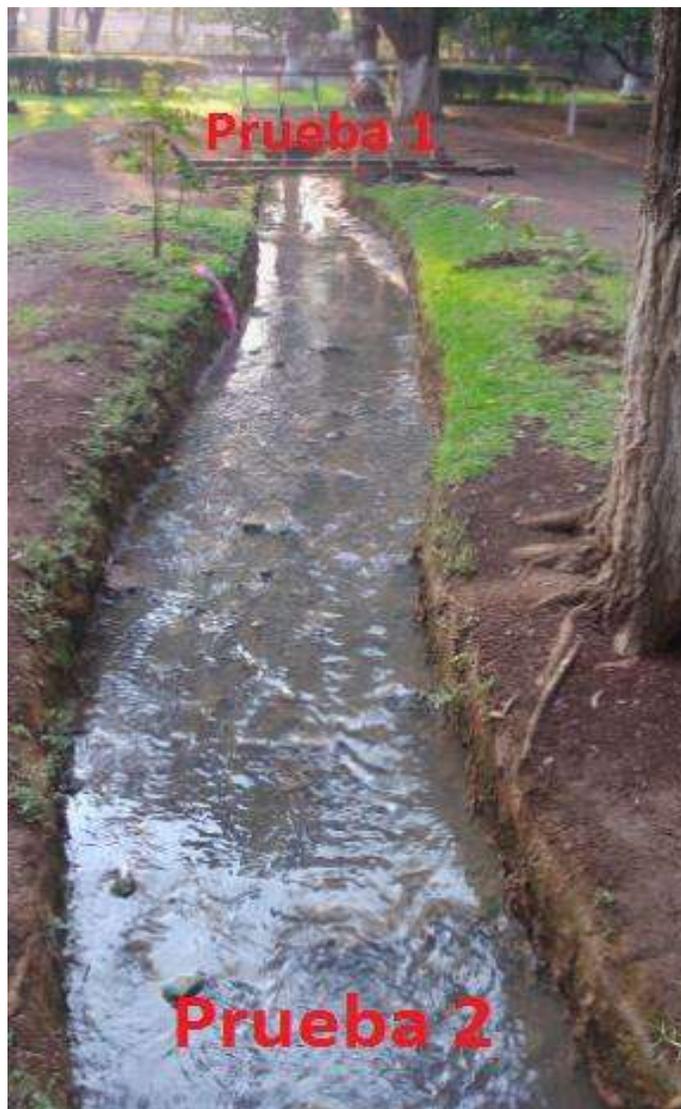


Figura 4.14 Localización De La Prueba 1 Y 2 Canal Parque Zoológico

A continuación, se presenta en la figura 4.15 un acercamiento del lugar donde se realizó la prueba 2, en esta imagen se puede apreciar que en este lugar se encuentra mucha vegetación al igual que piedras esto pudiendo dar como resultado una baja velocidad de caudal.



Figura 4.15 Posición 2 Toma Cercana Prueba 2 Canal Parque Zoológico

Los resultados obtenidos se presentan en la figura 4.16 Gráfica de comportamiento prueba 2 velocidad del caudal vs tiempo canal parque zoológico.

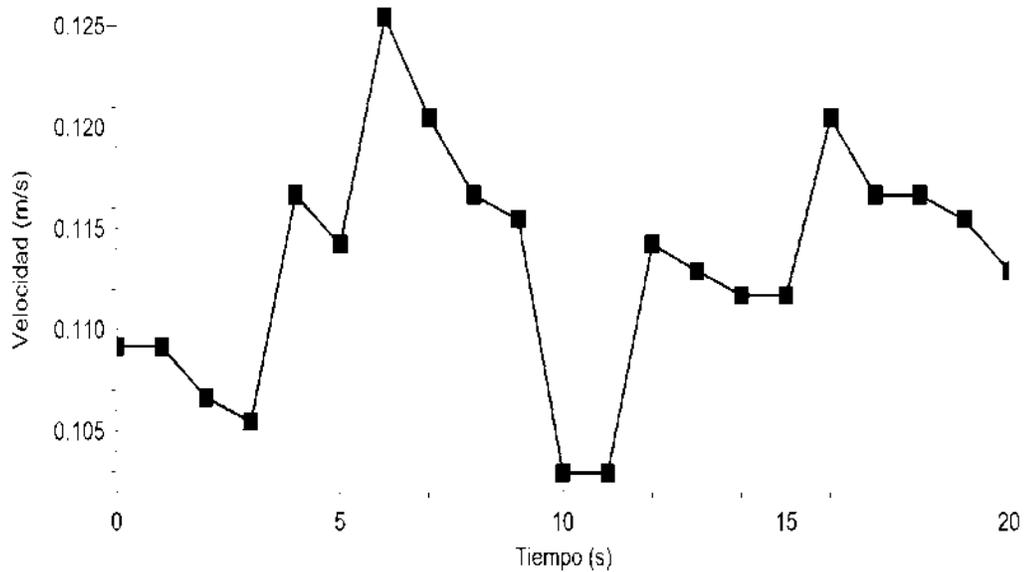


Figura 4.16 Gráfica De Comportamiento Prueba 2 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Canal Parque Zoológico

En esta gráfica se puede apreciar que existe una gran dispersión entre los valores de los datos y aunque la diferencia es pequeña aproximadamente de 0.025 m/s, esto pudo haber sido provocado por diferentes condiciones en el territorio estudiado, una de ellas puede ser que la altura del caudal era aproximadamente de 15 cm a 20 cm provocando que apenas se pudiese sumergir la turbina del sensor, otra es que en el lugar había mucha piedra pequeña y grande haciendo que el caudal fuera más denso y que tomara diferentes caminos para así provocar una reducción de velocidad del caudal. Para continuar con el análisis de la prueba en la tabla 4.5 se presentan los valores que tomaron los datos para este caso.

Se puede apreciar que la velocidad del caudal en el lugar de 2 se redujo casi un 200%, ya que el dato más alto que tuvo fue de 0.120 m/s en comparación con el valor máximo de la prueba 1 el cual fue de 0.306 m/s, esto es importante porque se pudo ver cuál es el tamaño de afectación que provocan las piedras, vegetación o incluso contaminación.

Tabla 4.5 Valores De La Prueba 2 Canal Parque Zoológico

	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
1	0	0.109
2	1	0.109
3	2	0.107
4	3	0.105
5	4	0.117
6	5	0.114
7	6	0.125
8	7	0.120
9	8	0.117
10	9	0.115
11	10	0.103
12	11	0.103
13	12	0.114
14	13	0.113
15	14	0.112
16	15	0.112
17	16	0.120
18	17	0.117
19	18	0.117
20	19	0.115
21	20	0.113

### **4.2.3 Tercer Caso De Estudio Canal Parque Zoológico “Benito Juárez”**

En la figura 4.17 se muestra la localización de la prueba 3 en ella podemos ver que se realizó unos metros después de una curva del canal esto pudiendo dar como resultado un posible incremento en la velocidad del caudal, también se puede apreciar que en la zona no existen piedras ni vegetación en esta parte es más o menos liso el suelo del canal.

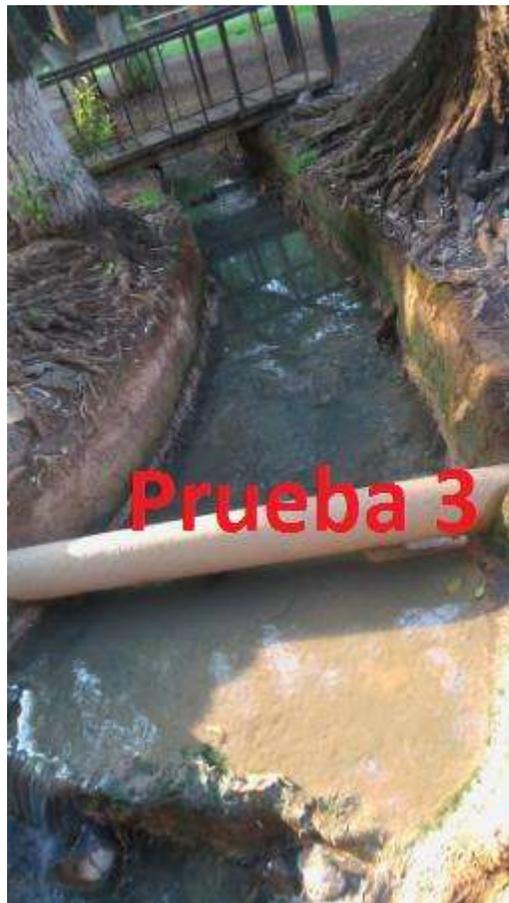


Figura 4.17 Localización Prueba 3 Canal Parque Zoológico

Los resultados que se obtuvieron en la prueba se presentan en la figura 4.18 Gráfica de comportamiento prueba 3 velocidad del caudal vs tiempo canal parque zoológico

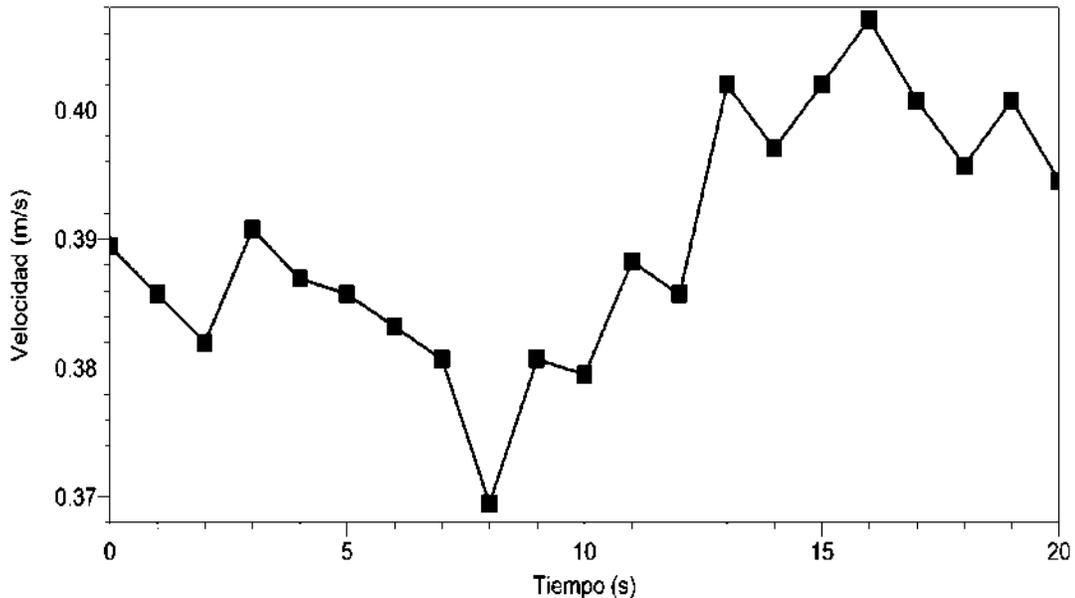


Figura 4.18 Gráfica De Comportamiento Prueba 3 Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Canal Parque Zoológico

En la gráfica de la prueba 3 se puede apreciar que la velocidad se incrementó nuevamente tomando un valor aun mayor que los datos registrados en las pruebas 1 y 2, que fue de 0.306 m/s y 0.125 m/s respectivamente ya que, como se había comentado anteriormente en esta zona del canal no existían piedras grandes que detuvieran su velocidad y junto con el aumento velocidad que provoca la curva esto dio como resultado una velocidad de caudal mayor, por otra parte analizando la toma de datos se puede apreciar que la diferencia entre los valores es muy pequeña existiendo entre ellos una diferencia de  $\pm 0.02$  m/s lo cual quiere decir que se puede considerar la velocidad de caudal más constante hasta el momento.

En la tabla 4.6 se muestran los valores tomados en la prueba 3 canal parque zoológico

Tabla 4.6 Valores De La Prueba 3 Canal Parque Zoológico

	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>
<b>1</b>	0	0.389
<b>2</b>	1	0.386
<b>3</b>	2	0.382
<b>4</b>	3	0.391
<b>5</b>	4	0.387
<b>6</b>	5	0.386
<b>7</b>	6	0.383
<b>8</b>	7	0.381
<b>9</b>	8	0.369
<b>10</b>	9	0.381
<b>11</b>	10	0.379
<b>12</b>	11	0.388
<b>13</b>	12	0.386
<b>14</b>	13	0.402
<b>15</b>	14	0.397
<b>16</b>	15	0.402
<b>17</b>	16	0.407
<b>18</b>	17	0.401
<b>19</b>	18	0.396
<b>20</b>	19	0.401
<b>21</b>	20	0.395

Hasta este momento del experimento se puede apreciar que en la prueba 3 se tiene el dato más alto registrado, con un valor de 0.407 m/s, con ayuda de la tabla 4.6 se puede ver que los datos toman valores en un rango de 0.369 m/s a 0.407 m/s, también se observa que la diferencia entre un dato con otro no es mayor a 0.02 m/s esto quiere decir que no existe descenso o incremento que nos digan que se tiene diferentes velocidades de caudal.

#### **4.2.4 Cuarto Caso De Estudio Parque Zoológico “Benito Juárez”**

Para terminar con el estudio en el canal del parque zoológico se avanza aproximadamente 10 metros aproximadamente hasta llegar a un puente como se muestra en la figura 4.19.



Figura 4.19 Localización De La Prueba 4 Canal Zoológico

Como se puede observar en esta parte del canal se tiene una altura de caudal más grande ya que el sensor de flujo se podía sumergir a una altura de 35 cm, también se puede apreciar la ausencia de piedras que pudieran ralentizar el flujo del caudal se puede esperar una velocidad de caudal constante.

en la figura 4.20 se muestra una vista previa del lugar donde se realiza la prueba 4, en esta figura se puede ver que al igual que en la prueba 3, el lugar 4 se encuentra justo después de una curva pudiendo esto generar una velocidad de caudal rápida.



Figura 4.20 Vista Previa Localización De La Prueba 4 Canal Zoológico

Una vez conocido algunas de las características del lugar de la prueba 4 en la figura 4.21 se mostrará la gráfica del comportamiento velocidad del caudal vs tiempo.

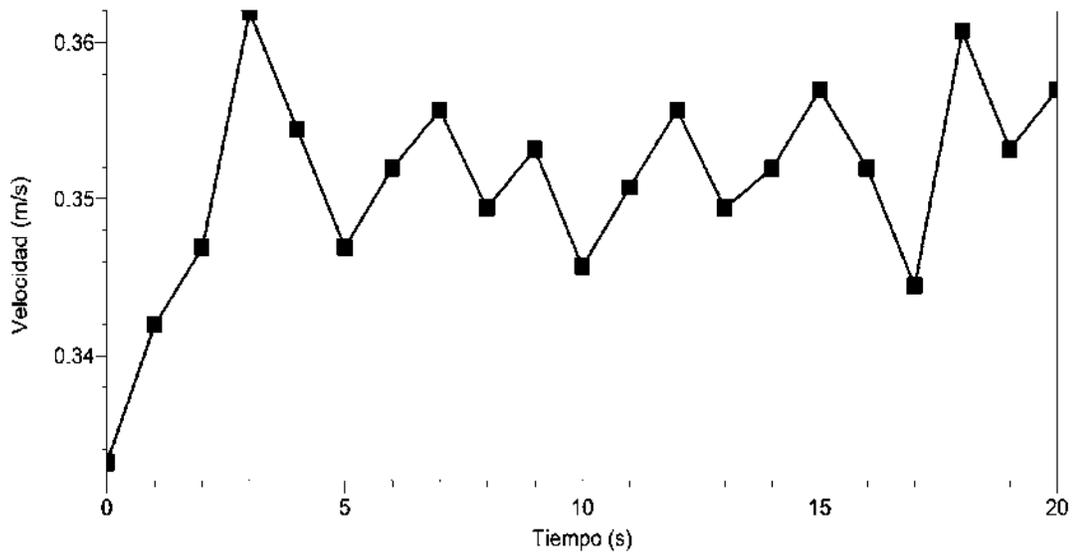


Figura 4.21 Gráfica De Comportamiento Prueba 4 Caudal Vs Tiempo Canal Parque Zoológico

Se puede apreciar que los valores de los datos se encuentran en un intervalo de 0.31 m/s a 0.37 m/s, pudiéndose apreciar solamente un sobre impulsó el cual se encuentra al inicio del estudio y este tiene una duración de 3 segundos, pasado este suceso la velocidad de la caudal toma valores un poco más constantes, a partir del segundo 5 la toma de datos se vuelve más constante teniendo diferencia uno de otro aproximadamente 0.02 m/s.

A continuación, en la tabla 4.7 se presentan los valores obtenidos de la prueba 4 canal parque zoológico

Tabla 4.7 Valores De La Prueba 4 Canal Parque Zoológico

	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
1	0	0.333
2	1	0.342
3	2	0.347
4	3	0.362
5	4	0.354
6	5	0.347
7	6	0.352
8	7	0.356
9	8	0.349
10	9	0.353
11	10	0.346
12	11	0.351
13	12	0.356
14	13	0.349
15	14	0.352
16	15	0.357
17	16	0.352
18	17	0.344
19	18	0.361
20	19	0.353
21	20	0.357
--		

Analizando estos datos tenemos un valor máximo de 0.362 m/s el cual es tomado en el tercer segundo por lo que lo consideramos como un sobre impulso en el estudio, viendo la tabla se aprecia que existen muchos valores cercanos al máximo tenemos uno de 0.361 m/s, 0.357 m/s en los cuales la diferencia es mínima, también se puede apreciar que no es tan alto o bajo el valor que toma un dato para pasar de un valor al otro, esto es importante por qué es lo que nos da los criterios para determinar si la velocidad del caudal es constante o variable.

#### **4.2.5 Experimento Canal Parque Zoológico “Benito Juárez”**

Para este estudio se quiso hacer una prueba diferente ya que al momento de estar realizando la prueba 2 se pudo apreciar que el sensor de flujo si lo movía varios grados a la izquierda o derecha este cambia de velocidad, por lo que este experimento se va tratar de girar en 3 diferentes posiciones  $135^\circ$ ,  $90^\circ$  y  $45^\circ$  el sensor de flujo, pero con un centro fijo, en la figura 4.22 se mostrará la forma en cómo se realizará el experimento.



Figura 4.22 Localización De Realización Del Experimento Canal Parque Zoológico

A continuación, en la figura 4.23 gráfica de comportamiento experimento velocidad del caudal vs tiempo canal parque zoológico se podrán observar los diferentes incrementos o decrementos que tuvo el sensor del flujo a la hora de moverlo de posición.

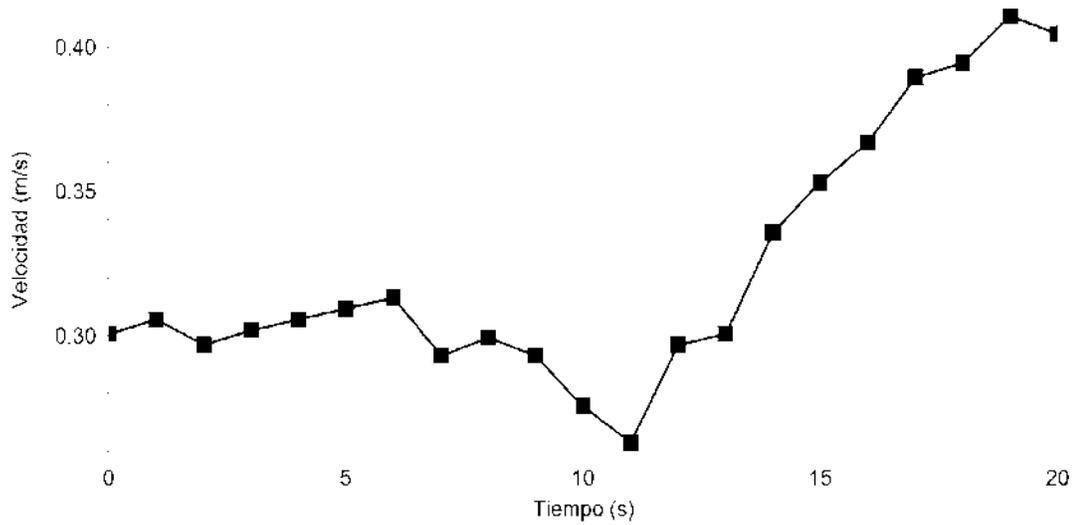


Figura 4.23 Gráfica De Comportamiento Experimento Velocidad Del Caudal Vs Tiempo Canal Parque Zoológico.

La gráfica como era de esperarse nos muestra 3 diferentes tomas de valores, primeramente en la posición de  $135^\circ$  los valores comienzan en 0.30 m/s y en los 7 segundos que tardo en esa posición los datos se podría decir que se mantuvieron constantes, hasta el punto a donde llega al segundo 7 que vendría siendo la posición  $90^\circ$  donde se nota que la velocidad del caudal tiene un decremento de casi un 0.05 m/s, lo cual ocurre en el segundo 11 donde el dato toma un valor de 0.263 m/s, pero a partir de este momento los valores comienzan a aumentar exponencialmente sin tener algún decremento de consideración hasta que llegan al valor máximo de todo el experimento el cual fue de 0.411 m/s.

A continuación, se presenta en la tabla 4.8 los valores que se obtuvieron en el experimento.

Tabla 4.8 Valores Del Experimento Canal Parque Zoológico

	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
<b>1</b>	0	0.301
<b>2</b>	1	0.306
<b>3</b>	2	0.297
<b>4</b>	3	0.302
<b>5</b>	4	0.306
<b>6</b>	5	0.309
<b>7</b>	6	0.313
<b>8</b>	7	0.293
<b>9</b>	8	0.299
<b>10</b>	9	0.293
<b>11</b>	10	0.276
<b>12</b>	11	0.263
<b>13</b>	12	0.297
<b>14</b>	13	0.301
<b>15</b>	14	0.336
<b>16</b>	15	0.353
<b>17</b>	16	0.367
<b>18</b>	17	0.389
<b>19</b>	18	0.395
<b>20</b>	19	0.411
<b>21</b>	20	0.405

Con la tabla 4.8 podemos apreciar de mejor manera los resultados y ver la gran diferencia que toman los valores, por ejemplo se aprecia el cambio cuando pasamos de la posición de 135° a la posición de 90° aquí tenemos una diferencia de 0.020 m/s, también se nota cuando movemos el sensor de flujo a la posición de 45° pues ya que en el segundo 11 tenemos una velocidad de 0.263 m/s y al siguiente segundo el valor de la velocidad es de 0.297 m/s, lo cual nos da una diferencia de 0.034 m/s que es mayor a la primera (135° a 90°), esta diferencia puede que sea una de las variaciones más grandes registradas en todo el estudio del canal.

# ***CAPÍTULO 5***

## ***CONCLUSIONES Y***

### ***RECOMENDACIONES***

#### **5.1 CONCLUSIONES RÍO “CHICO”**

Con el estudio del río “Chico” primeramente se puede observar que incluso en un sistema hidráulico improvisado, se pudieron ver diferentes velocidades, en algunas otras unos patrones similares y grandes diferencias en entre los valores de la velocidad del caudal.

Para el primer caso de estudio, la velocidad del caudal comenzó con un valor alto y conforme paso el tiempo este se fue reduciendo hasta que llegó al valor más bajo de todo el estudio, esto pudo ser causado por el alto índice de tierra que se podía observar en la figura 4.3 que hace que el líquido este más pesado y por la tanto pierda velocidad.

En el segundo caso de estudio, este se realizó en la mitad de la trayectoria del sistema, y en este el resultado salió diferente a los otros dos casos en este estudio los valores de la velocidad se mantuvieron en un rango de 0.13 m/s y 0.16 m/s lo cual se puede considerar como una velocidad constante, y se aprecia que el valor es mucho mayor de 0.159 m/s, con respecto al del primer caso de estudio que fue de 0.084 m/s.

Por último en el tercer caso de estudio los valores se comportan de manera inversa con respecto al primer caso ya que aquí el primer dato toma un valor inicial de 0.535 m/s para ir incrementando constantemente hasta llegar al valor máximo de todo el experimento que fue de 1.3 m/s y que es totalmente

diferente a los máximos del primer y segundo caso casi 26 veces mayor lo que se concluye que una de las causas de la reducción de velocidad de caudal pudiera ser todos los sedimentos que transporta el agua en su recorrido.

## **5.2 CONCLUSIONES CANAL DEL ZOOLOGICO “BENITO JUÁREZ”**

Con este estudio en el canal se pudieron observar varios fenómenos interesantes uno de ellos pudiera ser que no importa la cantidad de agua que lleve un sistema hidráulico si este pasa por una curva, la velocidad del caudal puede aumentar considerablemente hasta 3 veces su valor inicial antes de la curva, con este experimento se pudo ver la magnitud de afectación que provocan las piedras tanto chicas como grandes, al igual que la vegetación que existe en ella, ya que esto provocaba que el agua se volviera más espesa y con las piedras grandes hacia que el caudal tomara diferentes direcciones haciendo que disminuyera su velocidad.

En cada una de las pruebas realizadas se tuvieron diferentes características con respecto a los valores y era de esperarse ya que cada una tenía su particularidad.

En la prueba 1 observamos que la velocidad máxima registrada fue de 0.306 m/s lo cual es un valor muy bueno considerando las condiciones del terreno, ya que en ella la altura del agua no alcanzaba ni los 15cm aunado con esto la superficie contenía bastante roca pequeña, pero para este caso lo que ayudo para tener una buena velocidad fue que se realizó sobre una curva y así la inercia hizo que la poca velocidad que entraba en ella aumentara.

Para la prueba 2 fue el estudio donde se registró la velocidad más baja de todo el estudio con un valor de 0.120 m/s y era de esperarse pues en este territorio existía gran cantidad de vegetación y piedras grandes, estas se

podían visualizar que hacían que una corriente de caudal se partiera en varias direcciones provocando una disminución de la velocidad del caudal.

En el territorio de la prueba 3 fue completamente diferente ya que en él se podía ver un mayor caudal al igual que una mayor altura de agua, las características de esta localización es que no existía vegetación, ni piedras grandes que provocaran disturbios al agua o cambios de dirección, el terreno era liso por lo cual generó la velocidad más alta de todo el estudio con un valor 0.407 m/s y también se observó que su valores no tenían mucha dispersión pues se mantuvieron en un rango de 0.369 m/s a 0.407 m/s, donde incluso su menor valor (0.369 m/s) es mayor a cualquier registrado en las pruebas 1 y 2.

Para concluir con este estudio en la prueba 4 se realizó, sobre un puente el cual venía seguido por una curva del canal, de igual manera que en la prueba 3, aquí se tenía una buena altura de agua aproximadamente de 40 cm en cuanto al caudal no se veía muy rápido pero si limpio sin piedras pequeñas o sedimentos, teniendo como resultado una velocidad de 0.362 m/s que en comparación con la prueba 3 solo hay una diferencia de 0.040 m/s. y con esto podemos determinar que la prueba donde hubo el caudal más rápido fue en la prueba 3 con un valor de 0.407 m/s.

Otra cosa importante que se nota con este estudio es que en todos los datos que se tomaron con el LABQUEST nunca existió una diferencia dato sobre dato que fuera mayor a 0.020 m/s.

También se puede observar las diferentes velocidades que pueden existir en un sistema hidráulico, así como las características que pueden ayudar o perjudicar la velocidad del caudal.

### **5.3 CONCLUSIÓN EXPERIMENTO CANAL DEL ZOOLOGICO “BENITO JUÁREZ”**

Con este pequeño experimento se quiso demostrar, que pueden existir diferentes velocidades a lo ancho de un canal o río y que esto puede depender de los sedimentos que se encuentran en ella, así como la existencia de piedras grandes las cuales hacen que el flujo de agua tome diferentes direcciones pudiendo en unas ir más rápido o lento, también se nota la importancia de la colocación del sensor, ya que como está compuesto por una pequeña aleta, ésta siempre debe colocarse a  $90^\circ$  para evitar tomar de datos erróneos en próximos experimentos.

También se pudo comprobar la eficacia del LABQUEST cuando experimenta cambios repentinos de valores, ya que cuando pasamos de la posición  $90^\circ$  a  $45^\circ$  tuvimos en un lapso de tiempo de un segundo, una diferencia dato con dato de 0.034 m/s la cual fue la máxima que se registró en todas las pruebas realizadas en el canal.

### **5.4 RECOMENDACIONES**

- I. El sensor de caudal puede funcionar para cualquier sistema hidráulico abierto, ya que en este trabajo se prueba en 2 distintos (río y canal) y funcionó adecuadamente.
- II. El sensor de caudal debe colocarse exactamente a  $90^\circ$ .
- III. Se debe sumergir el sensor de caudal aproximadamente a 30 cm y se tiene que tener el cuidado de no apoyar la turbina o alerón sobre la superficie ya que esta puede dar valores erróneos.
- IV. En cuanto a la toma de datos que puede realizar el LABQUEST es recomendable que se realicen diferentes mediciones en el mismo lugar, por ejemplo, 10 datos por

segundo, 5 datos por segundo o 1 dato por segundo esto para apreciar mejor los cambios que pudieran existir en la velocidad del caudal y tener un estudio del área.

## **5.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SENSOR DE CAUDAL**

### Ventajas

- I. El sensor de caudal no ocupa calibración.
- II. La interfaz LABQUEST II es fácil de utilizar.
- III. El estudio se puede complementar con la herramienta Logger Pro
- IV. Es didáctico para las clases de ciencias, ya que se puede apreciar los fenómenos naturales de otra perspectiva.

### Desventajas

- I. Es necesario 2 personas para la implementación de algún estudio. Ya que el alguien tiene que controlar la interfaz LABQUEST y otra persona sostener el sensor de caudal.
- II. El sistema de instrumentación no creo que pueda ser utilizado en un arroyo o río muy grande, esto porque un caudal muy grande puede "llevarse" el sensor de caudal.
- III. Configuración del internet y e - mail complicada de entender.
- IV. Necesidad de actualizar la interfaz LABQUEST, la cual se descarga de la página oficial de Vernier.

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. Creus, Instrumentación Industrial, vol. VIII, Barcelona, España: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2010.
- [2] A. Creus, Neumática e Hidráulica, vol. III, Barcelona, España: MARCOMBO, S.A., 2007.
- [3] Vernier, Manual usuario LABQUEST.
- [4] D. F. HANDBOOK, INSTRUMENTATION AND CONTROL, 1992.
- [5] V. L. Streeter, Mecánica de los fluidos, vol. IV, Nueva York: MCGRAW HILL, 1972.
- [6] R. L. Mott, Mecánica de fluidos, vol. Sexta edición, Pearson educación, 2006.
- [7] I. H. Shames, Mecánica de fluidos, vol. 3 edición, Colombia: MCGRAW HILL, 1995.
- [8] C. M. y. Plana, Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas, vol. Segunda edición, España: Ediciones del castillo, 1986.
- [9] VICMEX, Manual de hidráulica industrial, México.